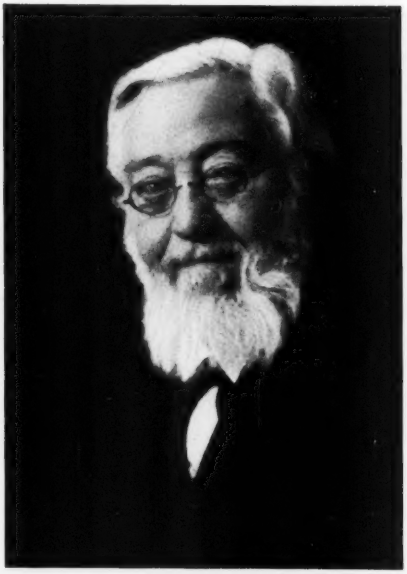
DIE NATURWISSENSCHAFTEN

31. Jahrgang | 18. Juni 1943 | Heft 25/26

P. v. Groth.

Von H. Steinmetz, München[1]).

Am 23. Juni 1943 jährt sich zum hundertsten Male der Geburtstag von Paul von Groth, einem der Begründer der wissenschaftlichen Mineralogie. Von Vorfahren am Niederrhein abstammend, lebten die Groths seit Anfang des 19. Jahrhunderts in Cottbus. Der Vater, der Kunstmaler war, ließ sich, durch Auslandsaufträge zu einigem Wohlstand gekommen, schließlich in Dresden nieder, wo auch P. Groth seine Jugend verlebte. Sein Interesse für Kunst, das ihn durch sein ganzes Leben begleitete, stammt wohl aus diesen ersten Eindrücken seiner Kindheit. Das naturwissenschaftliche Interesse wurde von verständigen Lehrern während seiner Gymnasialzeit geweckt; als freiwilliger Hilfsarbeiter der Sternwarte in Münster stellte er schon als Gymnasiast Beobachtungen an, die von jener Sternwarte mit verarbeitet wurden. Privatim befaßte er sich aber damals schon mit kristallographischer Lektüre, so daß sein Entschluß, im Jahre 1862 die Bergakademie in Freiberg zu beziehen, schon aus einer gewissen Interessenrichtung entsprang. 1865 siedelte er an die Berliner Universität über und war dort in den Jahren 1868 bis 1870 Assistent bei dem Physiker A. Magnus, bei dem er auch promovierte. Er habilitierte sich rasch hintereinander an der Bergakademie und an der Universität in Berlin (1870) und wurde dann als ordentlicher Professor an die neue Universität in Straßburg 1871 berufen. Nach dem Tode des Münchener Mineralogen Fr. v. Kobell wurde er 1883 dessen Nachfolger an der Universität München, an der er bis einige Monate nach seinem 80. Geburtstage die Vorlesungen für Mineralogie und Kristallographie hielt. Dann zwang ihn sein körperliches Befinden zu einem weniger anstrengenden Schaffen in der Ruhe seines Hauses in der Kaulbachstraße, in dem er auch am 1. Dezember 1927 sein arbeitsreiches Leben beschloß.



Wie in seinen wissenschaftlichen Arbeiten war Groth auch in seinem privaten Leben der ausgesprochene Systematiker, der seine Zeit genau zwischen Arbeit und Entspannung einzuteilen wußte und mit einer unerbittlichen Strenge an der einmal als richtig erkannten Ordnung seines Lebens festhielt. Nur so ist die gewaltige Arbeitsleistung, die er vollbracht hat, zu verstehen. Dabei kam ihm eine glänzende Gesundheit zustatten, die nur einmal in jungen Jahren infolge Überarbeitung gefährdet war. Außer auf seinen Reisen war er an der Erreichung seiner Ziele rastlos tätig, und ein wirkliches Mindestmaß an Erholungsstunden genügte ihm zum Ausgleich von seiner Arbeit, die er nur am Tage erledigte. Zur Erholung gehörte vorwiegend die Beschäftigung mit seiner Sammlung von Kupferstichen und Kunstblättern, aber auch der täglich viermalige Gang zwischen seiner Wohnung und dem Institut, der nur selten von einer Trambahnfahrt abgelöst wurde. Ab und zu opferte er auch eine Stunde dem Besuch einer Auktion zur Vervollständigung seiner Kunstsammlung. Sonst stand sein ganzes Leben im Dienste seiner Arbeit, die für eigentliche Vergnügungen keine Zeit übrig ließ. Für seine Studenten und Schüler hatte er ein warmes Herz, und nichts freute ihn wohl mehr, als wenn sie ihre Dankbarkeit in späteren Jahren durch die Zusendung von Mineralien und Präparaten bewies.

[1]) Unter Benutzung der biographischen Mitteilungen von H. Steinmetz und L. Weber im 100. Bande der Z. Kristallogr. 1939.

Die Begabung, welche GROTH zum großen Naturforscher gemacht hat, war nicht die des Experimentators, der die Wissenschaft durch die Aufdeckung vieler neuer Tatsachen bereichert. Er hat sich nur in den Anfangsjahren seiner wissenschaftlichen Tätigkeit als Assistent am Physikalischen Institut von MAGNUS und als junger Dozent mit Messungen befaßt, wobei ihm allerdings gleich zu Beginn der große Wurf der Entdeckung der Morphotropie gelang. Dann hat er aber bald die Vergrößerung des Materials für kristallographische und mineralogische Erkenntnis anderen überlassen, wenn auch unter seiner Anregung und Leitung zahlreiche Experimentalarbeiten in den Laboratorien seiner späteren Institute entstanden sind. Der eigentliche Grund zu seiner Bedeutung lag in seiner hervorragenden Begabung zum Systematisieren und zum Aufstellen und Formulieren leitender Gedanken in der Fülle der Erscheinungen. Er blieb auch nicht beim einfachen System stehen, sondern wußte durch eine synthetische Verarbeitung der systematischen Grundlagen in viel höheren Maße, als es je vor ihm geschehen war, der Mineralogie zu ihrem Charakter als einer eigenen, in sich geschlossenen Wissenschaft zu verhelfen. GROTH war Mineraloge im klassischen Sinn, d. h. er stand der Welt des kristallisierten Stoffes nicht als Chemiker oder Physiker oder Naturhistoriker gegenüber, sondern als Kenner der Methodik all dieser Gebiete, mit einer Fragestellung an die Natur, die der Vielseitigkeit des Minerals im weitesten Sinne, als der in geometrisch gesetzmäßige Form gezwungenen Materie umfassend gerecht wurde. Diese auf einer sorgfältig und weitschauend aufgebauten Systematik sich erhebende Synthese ist es, die ihn vom Typ der älteren Mineralogen unterscheidet, die sich entweder mit der chemischen oder der phänomenologischen Seite des Materials abgaben, ohne die Mineralogie wesentlich über die Art einer beschreibenden Disziplin zu erheben. Dieser Entwicklungsgang von einer mit Geist und Einfühlungsvermögen geleiteten Systematik zum Aufbau einer Wissenschaft läßt sich in allen größeren literarischen Leistungen GROTHS ebenso verfolgen wie etwa im Aufbau seines Unterrichts oder seiner Sammlungen.

Das erste grundlegende Werk GROTHS ist die „Tabellarische Übersicht der Mineralien", die fünf (1874—1921) Auflagen erreicht hat. Ältere Mineralsysteme waren noch aufgespalten in solche vom Standpunkt des Chemikers und von dem des Naturhistorikers. Bekanntlich gibt es nirgends ein System von absoluter „Richtigkeit", sondern an deren Stelle muß immer die Zweckmäßigkeit und die Berücksichtigung der Erkenntnis des inneren Wesens der systematisch zusammengestellten Erscheinungen treten. GROTH erkannte als zweckmäßiges Ordnungsprinzip die Übernahme der Klassifikation nach elektronegativen Gruppen von BERZELIUS' neuem chemischen Mineralsystem und die Notwendigkeit der Angabe des kristallographischen Charakters, insonderheit der Isomorphiebeziehungen, wie sie etwa G. ROSE in der Zusammenfassung „isomorpher Körper zu näheren Gruppen" verwandt hatte. Wie richtig gerade diese Kombination war, mag daraus hervorgehen, daß im Jahre 1942 die Neubearbeitung der Mineraltabellen von GROTH-MIELLEITNER durch STRUNZ noch immer jene beiden Grundsätze enthält, obwohl unser heutiges Wissen von den Strukturen der Mineralien an die Stelle der damaligen einfachen Isomorphiebeziehungen getreten ist. Zur Kennzeichnung der kristallographischen Natur der Mineralien und als kürzester Ausdruck für die Isomorphie wurde außer der chemischen Formel auch noch jedem Mineral das Achsenverhältnis beigegeben, was uns selbstverständlich erscheint, damals in solcher Konsequenz aber neuartig war. Da die Isomorphie damals der einzige Nachweis der kristallchemischen Verwandtschaft war, wird sie genau definiert: Isomorph sind Körper mit analoger chemischer Konstitution, die mit sehr ähnlichen Winkeln der Flächen kristallisieren und die Fähigkeit besitzen, sich in variierenden Verhältnissen zu homogenen Kristallen (isomorphen Mischungen), welche nicht die Eigenschaft mechanischer Gemenge haben, zu mischen (Tab.-Üb. 1898, S. 2).

Die Hervorhebung der Mischbarkeit ist wichtig, weil damit eine zwar wahrscheinliche Strukturanalogie z. B. von NaCl und KCl zugegeben wird, im übrigen die beiden Substanzen als ausdrücklich nicht isomorph bezeichnet werden (Elem. S. 293). Unsere heutige Kenntnis kristallchemischer Beziehungen ist bedeutend erweitert. Wir kennen z. B. in Körperpaaren wie Al_2O_3 und Al_2O_4Mg Substanzen, die sich weitgehend mischen, ohne im klassischen Sinne isomorph zu sein (Gitterlücken), wir kennen Übergänge reiner Strukturanalogie zu Mischungsreihen in jedem Grade, wir kennen durch NEUHAUS die nahe Verwandtschaft der früher als anomale Mischkristalle bezeichneten Stoffsysteme aus einer anorganischen und einer komplizierten organischen Komponente mit der Isomorphie. All das war GROTH noch unbekannt, und er verlegte daher die Fähigkeit zur isomorphen Vertretbarkeit noch in die chemische Natur der sich ersetzenden Elemente. Und so machte ihm die offensichtliche Vertretbarkeit z. B. des zweiwertigen Schwefels durch dreiwertiges Arsen in den Sulfiden viel Kopfzerbrechen. Ebenso erschien die mangelnde Vertretbarkeit der Elemente in der ersten horizontalen Reihe des Periodischen Systems durch solche der zweiten Horizontalen sehr auffallend und unersichtlich, bis dann von H. G. GRIMM die Aufklärung aus dem Atombau über die Wichtigkeit der Größen der absoluten Atomradien kam, die GROTH in späteren Jahren mit Begeisterung begrüßte. Für die damalige Zeit der tabellarischen Übersicht aber blieb für die Erklärung der isomorphen Vertretung ungleichwertiger Elemente nur der Ausweg von Verschiedenheiten in der „Konstitution" der Moleküle.

GROTH erweist sich hier als Angehöriger jener Zeit, in der die Entwicklung der organischen Chemie durch Konstitutionsaufklärung komplizierter Stoffe einen ungeahnten Aufschwung nahm. Und in Molekülen kompliziert zusammengesetzter Sulfide und Silikate ließen sich dann verhältnismäßig leicht sich vertretende Elementenpaare mit konstanter Wertigkeitssumme, wie SiNa und AlCa, unterbringen oder eine Gruppe —S—S— durch —As=As— ersetzen. Jedenfalls ist GROTH damit unserer heutigen Anschauung von der Doppelnatur des Aluminiums in den Silikaten sehr nahe gekommen, insofern er eine Vertretung des Si durch Al annahm. Für die einfachen Verbindungen hat er dagegen schon frühzeitig in Vorlesungen und Übungen, man könnte beinahe sagen „seherisch", betont, daß bei ihnen der Molekülbegriff keinen rechten Sinn mehr habe und im Kristallbau eine Auflösung in Atome bzw. in ineinandergestellte Atomgitter anzunehmen sei. Als dann in den späteren Jahren seines Wirkens die ersten Ergebnisse der von V. LAUE begründeten Strukturforschung der Kristalle seiner Ansicht recht gaben, war das für ihn ein freudig und begeistert aufgenommener Triumph.

So wurde also im Laufe der verschiedenen Auflagen diese systematische Durcharbeitung der Mineralien zu einem wissenschaftlich so wohlbegründeten System, daß es sich allgemeiner Anerkennung erfreute und in wenig oder nicht modifizierter Form das Ordnungsprinzip für viele Sammlungen und Mineralbücher geworden ist.

Das zweite bedeutende Buch GROTHS ist die „Physikalische Kristallographie". Nach seiner Habilitation an der Universität Berlin war GROTH der erste Dozent gewesen, der in Deutschland eine Vorlesung über Physikalische Kristallographie hielt, und die Sammlung dieser Vorträge mag wohl der erste Anlaß zum Buche gewesen sein, das sechs Auflagen, 1876—1921, erlebt hat. Ein Vergleich dieser Auflagen, dessen Einzelheiten hier zu weit führen würden, zeigt eine wesentliche Vervollkommnung in den späteren Ausgaben, so daß nur von diesen die Rede sein soll. Es handelt sich wiederum um eine „Systematik, welche es ermöglicht, die Gesetze der Abhängigkeit der Eigenschaften von der Richtung, d. h. den Symmetrieverhältnissen der Kristalle zu zeigen". Im übrigen sollte sie ein elementares Lehrbuch der Kristallphysik sein. Die Bücher von LIEBISCH und POCKELS sind strenger mathematisch gehalten; dem Mineralogen GROTH kam es in erster Linie darauf an, ohne Mathematik das Verständnis für die Kristallphysik zu erwecken und in Verbindung mit den geometrischen Eigenschaften in das Wesen des Kristalls einzudringen. Die besonderen Verdienste des Buches sind einmal die konsequente Durchführung des geometrischen Systems der Kristalle in den 32 Klassen und ihrer Zusammenfassung in 7 Symmetriesystemen, wobei die Abtrennung des trigonalen vom hexagonalen System lediglich aus Zweckmäßigkeitsgründen geschah. Die Vorarbeit zu den 32 Klassen war schon 1867 von GADOLIN geleistet worden, geriet aber in Vergessenheit, aus der sie GROTH für die Weiterentwicklung der Kristallographie als unbedingt wichtig wieder zum Leben erweckte. Er hat auch in den „Klassikern der exakten Wissenschaft" von OSTWALD die Arbeit GADOLINS herausgegeben. Ebenso lag die Kristalloptik im wesentlichen fertig vor, war aber vor GROTH noch niemals in einer solchen Ausführlichkeit in einem mineralogischen Lehrbuch dargestellt worden. Weiterhin wird dann die damals noch rein theoretische Lehre von den Raumgittern ausführlich behandelt und zur Ableitung der kristallographischen Grundgesetze und auch physikalischer Eigenschaften benutzt, den Boden für die Strukturlehre der Zukunft vorbereitend. Und GROTH hätte nicht der zusammenfassende Mineraloge sein müssen, wenn er nicht zur Illustrierung der einzelnen Symmetrieklassen wichtige und charakteristische Beispiele chemischer Körper beigefügt hätte, ein Vorgang seiner synthetischen Art, der in der letzten Auflage des Jahres 1921 durch die Verstärkung dieses Prinzips sogar eine Titeländerung nötig machte: „Elemente der physikalischen und chemischen Kristallographie". Als Analogon dazu aus der Gegenwart sei an die Titelgebung des neuen Buches von P. NIGGLI erinnert: Lehrbuch der Mineralogie und der Kristallchemie, das auf der von GROTH angebahnten Richtung einer physikalisch-chemischen und morphologischen Synthese in der Darstellung vom Wesen des Kristalls liegt!

Auch die praktische Seite der physikalischen Kristallographie ist in dem Buche nicht vergessen: Ein eingehender Abschnitt behandelt die wichtigsten Apparate zur geometrischen und physikalischen Messung der Kristalle; war GROTH doch selbst an der Konstruktion eines praktischen Goniometers zusammen mit R. FUESS beteiligt, das in seiner handlichen Gestalt in vielen Instituten in Gebrauch gekommen ist. Auch fehlt nicht eine praktische Anleitung zum Berechnen und Zeichnen der Kristalle, wenngleich man hier das Fehlen der graphischen, aus der stereographischen Projektion abgeleiteten Methoden empfindet. Doch das sind Kleinigkeiten, die den Wert dieses Werkes als Physikbuch der neueren Kristallographie nicht beeinträchtigen, das durch den unmittelbaren Gebrauch wie durch Anregungen für andere Bücher in der Entwicklung der Mineralogie eine sehr wesentliche Rolle gespielt hat. In der letzten Formulierung als „Elemente" usw. ist auch schon ein Absatz über die damals bekanntgewordenen Röntgenstrukturen enthalten. GROTH erkannte die Tragweite dieser Methode durchaus und sah in ihr die Garantie für eine weitere glänzende Entwicklung der Kristallographie.

Das Zentralproblem, mit dem sich GROTH seit Beginn seiner wissenschaftlichen Tätigkeit beschäftigte — es war das Thema seiner Habilitationsvorlesung im Jahre 1871 —, war der Zusammenhang zwischen chemischer Zusammen-

setzung und Kristallgestalt der Körper. Daß für die Beantwortung einer solchen Fragestellung die in gewissem Sinne zufällige Reihe der natürlich vorkommenden chemischen Verbindungen in den Mineralien nicht ausreichte, war ihm von Anfang an klar. Er wandte sich daher von jeher der kristallographischen Untersuchung aller ihm zugänglichen anorganischen und organischen Substanzen zu. In einer Abhandlung aus dem Jahre 1871 betonte er, die Frage, warum ein Körper so und nicht anders zu kristallisieren vermöchte, sei noch viel zu weit von ihrer Lösung entfernt, als daß sich ein Zeitaufwand hierfür lohne. Er hat daher auch von Anfang seiner Tätigkeit an in jener Erkenntnis sich auf das Problem der Morphotropie beschränkt: Wie wird die bekannte Kristallgestalt einer gegebenen Substanz abgewandelt, wenn man in ihrer Zusammensetzung bestimmte Änderungen vornimmt? Der Spezialfall besonders kleiner Veränderung bei einer einfachen Elementensubstitution war ja dann die Isomorphie. Um diese Frage in möglichst großem Umfang untersuchen zu können, entstand schon frühzeitig in ihm der Plan einer Zusammenstellung aller ihm zugänglichen Messungen, ein Plan, an dessen Verwirklichung er unablässig neben all seinen sonstigen Arbeiten annähernd ein halbes Jahrhundert lang gearbeitet hat, bis der letzte, 5. Band seiner „Chemischen Kristallographie" vollendet vorlag. Den Umfang dieses gewaltigen Werkes mag eine Statistik (von L. WEBER) illustrieren:

	Einleitung	1.	2.	3.	4.	5.
		Teil				
Textseiten . .	78	606	884	772	768	1007
Figuren	6	389	522	648	828	955
Registerseiten .	2	20	30	19+33	18+16	30+24

Darin sind ungefähr 10350 Substanzen behandelt und etwa 9600 Stellen zitiert.

Der Sinn dieses Werkes war einmal der eines kristallographischen Sammelwerkes, vergleichbar dem des „Beilstein" auf dem Gebiete der organischen Chemie; ferner aber und wesentlich der einer Sichtung der gesamten kristallographischen Messungen nach morphotropen Beziehungen. Die Weiterentwicklung der Morphotropie durch die Einführung der „Topischen Parameter" von F. BECKE und W. MUTHMANN ermöglichte es, die morphotropische Wirkung auf eine gemeinsame Vergleichbasis zu stellen und damit auch die Richtung zu erkennen, in welcher sie sich auswirkte. In allgemeinen Kapiteln, die denen der speziellen kristallographischen Beschreibungen vorausgeschickt sind, hat GROTH diese Riesenarbeit der Vergleiche und der daraus abzuleitenden Gesetzmäßigkeiten geleistet. Deren kürzesten Ausdruck gibt die Formulierung in GROTHS letztem Buche, den schon erwähnten „Elementen der physikalischen und chemischen Kristallographie", die eine Zusammenfassung seiner synthetischen Betrachtung der gesamten Kristallwelt sein sollten, wo in wenigen Sätzen an verschiedenen Stellen die wichtigsten Erkenntnisse konzentriert sind: Die Zusammenhänge der chemischen, sich in den Formeln verratenden Symmetrie mit der Symmetrie der Kristallgestalt beweisen sich im PASTEURschen Gesetz, in der statistischen Bevorzugung hoher Symmetrien bei einfach zusammengesetzten Körpern, in der deutlichen Bevorzugung gleicher Symmetriezähligkeiten der Kristallgestalt und Molekülsymmetrie, in der relativ geringfügigen morphotropen Wirkung kleiner Substituenten in größeren, zumal zyklischen Molekülen. Für die Fähigkeit zweier Elemente, sich isomorph zu vertreten, erkennt GROTH neben der nahen chemischen Verwandtschaft die große Bedeutung eines ähnlich großen Molekularvolumens und nähert sich damit sehr unseren heutigen Anschauungen von der Bedeutung der Atom- und Ionenradien! Man muß immer bedenken, daß diese reichen Ergebnisse nur aus dem morphologischen Vergleich ohne Kenntnis irgendeiner streng bestimmten Struktur abgeleitet wurden, um den Fleiß und den seherischen Blick würdigen zu können.

Seine Überzeugung, die Mineralogie zu einer selbständigen Wissenschaft gemacht zu haben und diese ihre Stellung befestigen zu müssen, lassen es für uns Zurückschauende fast als selbstverständlich erscheinen, daß GROTH eine mineralogische Zeitschrift, die Zeitschrift für Mineralogie und Kristallographie, gegründet hat. Nach seinen Erzählungen hat man ihr die schlimmsten Prognosen gestellt; es sei unmöglich, ohne Geologie eine Zeitschrift nur mit mineralogischen und kristallographischen Aufsätzen zu füllen. Er aber wußte genau, was er tat, wenn er seinem wissenschaftlichen Gebäude mit seiner eigenen vorbildlichen Anregung immer neues Erkenntnismaterial zufließen ließ durch den zentralen Ort eben seiner Zeitschrift! Es würde hier zu weit führen, an Hand einer Statistik über das Anwachsen der Zeitschrift den sehr überflüssigen Beweis zu führen, daß die Zeitschrift noch niemals an Materialmangel gelitten hat und noch heute unter den mineralogischen Organen einen führenden Rang behauptet!

Es ist klar, daß ein Mann, der all dieses geleistet hat, nicht auch noch im Laboratorium selbst tätig sein konnte, sondern die Experimentalarbeit seinen zahlreichen Mitarbeitern überließ. Trotzdem war GROTH nicht in dem Sinne nur Theoretiker, daß er nicht immer den Zusammenhang mit dem klassischen Objekt der Mineralogie, mit dem Mineral selbst, intensiv gepflegt hätte! Zumal für den wissenschaftlichen Nachwuchs betonte er stets die Wichtigkeit einer Ausbildung auch in Mineral- und Stoffkunde. Auf seinen zahlreichen Reisen war er eifriger Beobachter aller mineralogisch-geologischen Erscheinungen, auch hier niemals einseitig, sondern Morphologie, Paragenesis und Technik miteinander verbindend. Seine praktische Mineralienkenntnis war hervorragend, er hätte ja nicht der „alte Freiberger", wie er sich gerne oft selbst bezeichnete, sein müssen, wenn er nicht mit Begeiste-

rung auch Sammler gewesen wäre! Die reichen Ergebnisse seiner Sammelreisen sind mit den älteren Beständen der Sammlungen in Straßburg und München vereinigt und in wissenschaftlichen Beschreibungen für den Fachmann und interessierten Beschauer dargestellt. Sein Organisationstalent schloß die Sammlungen in Teile auf, eine Hauptsammlung, deren beste Stücke wiederum als Schausammlung ausgestellt waren, und Kristallsammlungen; eine Lehrsammlung diente dem Studierenden zum Selbststudium, wie andere dem Gebrauch in den kristallographischen und mineralogischen Übungen. Denn selbstverständlich war auch der Unterricht aufs beste durchorganisiert und ein fleißiger Student konnte einen wirklich gediegenen Überblick über Mineralogie, geometrische und physikalische Kristallographie und chemische Kristallkunde sich aneignen. GROTH vertrat den Standpunkt, daß nicht nur der Fachmineraloge und zukünftige Lehrer einer gründlichen mineralogischen Ausbildung bedürfe, sondern auch der Chemiker, und daher mußte auch im Doktorexamen des Chemikers Mineralogie als Nebenfach enthalten sein.

Auch im Ruhestand hat sich GROTH literarisch betätigt. Er schrieb noch eine „Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften", die an Hand von Biographien bedeutender Mineralogen und Kristallographen die Entwicklung der Kristallographie und Mineralogie entstehen läßt.

Trotz schwerer körperlicher Behinderung durch ein Augenleiden war er auch nach der Fertigstellung der Entwicklungsgeschichte noch ungebrochenen Mutes und begann die in einem „Nachtrag" auf der letzten Seite der Entwicklungsgeschichte angekündigte Niederschrift der „Lebenserinnerungen eines Naturforschers". Aber mitten in dieser Arbeit, die ihn bis in seine letzten Tage beschäftigte, überraschte ein sanfter Tod ihn, dessen Lebensenergie in Schaffensfreude aufgebraucht war.

Der heutigen Generation der Mineralogen aber obliegt es, nach dem Vorbilde GROTHS die Einheit: Mineralogie — Kristallographie nach allen ihren Seiten hin zu pflegen und weiter zu entwickeln.

Die Schlüsselstellung der Physik für Naturwissenschaft, Technik und Rüstung[1]).

Von C. RAMSAUER, Berlin.

Will man die physikalische Forschung und Ausbildung in dem Maße fördern, wie es der wirklichen Bedeutung der Physik im Rahmen des Ganzen entspricht, oder will man die deutsche Physik als militärischen Machtfaktor richtig einschätzen, so muß man sich zunächst über das eigentliche Wesen der Physik klarwerden. Man darf die Physik nicht nur als eine, wenn auch hochwichtige, Einzelwissenschaft ansehen, sondern muß gleichzeitig ihre Allgemeinbedeutung berücksichtigen, die weit über die Grenzen einer Einzelwissenschaft hinausgeht. Dies soll im folgenden bewiesen und der Fachwelt sowie der Allgemeinheit möglichst nahegebracht werden. Dabei muß im einzelnen viel Bekanntes und Selbstverständliches gesagt werden, das sich ergebende *Gesamt*bild dürfte aber doch neu und von Wert sein. —

Die Hauptaufgabe der Physik besteht darin, die *Grundgesetze* alles Seins und alles Geschehens zu erforschen. Die Physik nimmt infolgedessen eine ausgesprochene Schlüsselstellung ein, da ja jede Naturwissenschaft und jede Technik letzten Endes auf diesen Grundgesetzen aufgebaut ist.

Wie diese Schlüsselstellung sich auswirkt, zeigt am klarsten und vollständigsten das Beispiel der Elektrotechnik. Die Schaffung des galvanischen Elementes durch den Physiker VOLTA und die hierdurch ermöglichten physikalischen Folgeentdeckungen, wie die Ablenkung der Magnetnadel, erschließen die Technik des Gleichstroms und damit das erste Teilgebiet der Elektrotechnik. Diese Entwicklung erreicht jedoch bald, trotz der großen Bedeutung der Telegraphie, ihre natürlichen Grenzen. Da gibt der Physiker FARADAY durch die Entdeckung der Induktion einen neuen gewaltigen Impuls. Es folgt die schnelle Entwicklung der Wechselstromtechnik bis zur Summe aller Möglichkeiten, die in dem Induktionsgesetz enthalten sind. Darauf kommt wieder ein neuer Impuls von seiten der Physik: die Entdeckung der elektrischen Wellen durch HERTZ und die technische Auswirkung dieses Impulses durch MARCONI und seine Nachfolger. Als dann auch hier die Grenze der Entwicklung beinahe erreicht ist, kommt ein neuer Impuls aus den Forschungsergebnissen des Physikers LENARD: die technische Benutzung der Elektronensteuerung durch elektrische Felder als Prinzip der Verstärkerröhre, ein Impuls, der die bisherige Schwachstromtechnik um neue Gebiete von ungeheurer Größe erweitert hat.

Das Wesentliche an diesem Beispiel ist nicht die unbestreibare, aber doch banale Feststellung, daß die Elektrotechnik aus der Physik entstanden ist, sondern die folgende prinzipielle Erkenntnis: Jede neue technische Entwicklung geht nur so weit, wie der Impuls ausreicht, den sie von der Physik empfangen hat; die Spezialtechnik selbst ist nicht imstande, aus sich heraus grundlegende Fortschritte zu erzeugen, sondern muß diese immer wieder aus der Physik empfangen.

Diese Zusammenhänge bestehen — allerdings nicht so durchsichtig — auch in den Fällen, wo

[1]) Erweiterte Fassung eines in der Lilienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung am 6. August 1942 gehaltenen Vortrags.

es sich um eine Wissenschaft oder Technik handelt, welche zunächst nicht aus der Physik, sondern aus den Bedürfnissen des praktischen Lebens entstanden ist. So erscheint die Astronomie zunächst als Beobachtungswissenschaft mit den KEPLERschen Gesetzen als Höhepunkt und erhält erst später die tiefergehenden Impulse aus der Physik: Die GALILEIschen Gesetze der Mechanik und die auf ihnen aufgebauten NEWTONschen Bewegungsgesetze liefern die Grundlage für die Astronomie als Wissenschaft, die Spektralanalyse eröffnet ein ganz neues astronomisches Forschungsgebiet, die moderne Erkenntnis über den Zusammenhang zwischen Energie und Materie gibt die erste Möglichkeit zum Gesamtverständnis des Weltalls. — Ganz ähnlich liegt es bei der Chemie. Die Chemie ist im Anfang halb Empirie, halb Mystik. Sie entwickelt sich aus sich selbst heraus zu einem System von Erfahrungstatsachen, erhält aber ihre wissenschaftliche Grundlage erst durch die Atom-, Ionen- und Elektronenforschung der Physik. Es gelingt ihr aber auch auf dieser Grundlage noch nicht, aus sich selbst heraus mit ihren Hauptproblemen, wie der Nichtganzzahligkeit der Atomgewichte und dem System der Elemente überhaupt, fertig zu werden. Da kommt der neue große Impuls aus der Physik: Die Entdeckung der Radioaktivität liefert die Entstehungsgeschichte der Elemente, die Entdeckung der Isotopie und der Ordnungszahl läßt den Begriff der Atomgewichte in einem ganz neuen Lichte erscheinen. Gerade jetzt befinden wir uns wieder in einem gewaltigen physikalischen Fortschritt, welcher auch die Chemie auf ganz neue Grundlagen stellen wird oder, besser gesagt, welcher eine völlig neue Chemie schaffen wird. Das ist die Kernzertrümmerung. Wie die alte Chemie das Molekül in seine Atome zerlegt oder es aus seinen Atomen zusammensetzt, so wird die neue Chemie den Atomkern in seine Grundbestandteile zerlegen oder aus diesen wieder zusammensetzen. Das alte Problem der Metallumwandlung, an dem die Chemie Jahrhunderte vergeblich gearbeitet hatte, wird so durch einen Impuls aus der Physik gelöst. —

Diese Schlüsselstellung der Physik wird am deutlichsten, wenn man den Entstehungsprozeß neuer wissenschaftlicher oder technischer Gebiete aus der Physik in seiner Gesamtheit näher betrachtet. Bei der Elektrotechnik handelt es sich um ein Gebiet, welches schon seit vielen Jahrzehnten zu einer selbständigen Disziplin geworden ist. Demgegenüber stehen andere Gebiete, welche noch in den verschiedensten Stadien der Entstehung begriffen sind. Die Elektroakustik ist zur Zeit dabei, sich von der Physik loszulösen und eine selbständige Technik zu werden. Die Elektronenoptik befindet sich noch in den ersten Stadien der Entwicklung und läßt ihre technischen Möglichkeiten erst ahnen. Andere Gebiete, wie z. B. die Kältetechnik, sind dagegen schon ganz selbständig geworden und rechnen kaum noch auf eine weitere Befruchtung durch die Physik. — Endlich gibt es noch eine Reihe von Einzelaufgaben, die an die Physik herantreten. Hier treten besonders drei Gruppen hervor: die Militärphysik, das medizinisch-physikalische Gebiet und die Betriebskontrolle der chemischen Industrie.

Diese ganzen Beziehungen werden besonders anschaulich, wenn man sie in ein graphisches Schema zusammenfaßt (vgl. Fig. 1). Im Zentrum haben wir die physikalische Grundlagenforschung. Darauf folgt ein ringförmiges Gebiet, die allgemeine experimentelle und theoretische Physik, deren einzelne Zweige, wie Mechanik, Akustik, Wärmelehre, Optik, Elektrizitätslehre, Magnetismus, Atomphysik, in der Figur nicht besonders gekennzeichnet sind. Diese allgemeine Physik ist in dauerndem Wachstum begriffen, teils durch neue Impulse aus der Grundlagenforschung, teils durch weitere Einzelentwicklung in sich. Das ganze Gebiet der Physik wird von einer Grenze umzogen in dem Umfange, wie es im Augenblick von einem modernen physikalischen Lehrstuhl betreut wird. Das in dieser Umgrenzung enthaltene geistige Potential betätigt sich weiter nach außen im Bereich der Technik, in dem es durch seine eigenen Fortschritte neue Gebiete erschließt. Diese Entwicklungen sind in allen verschiedenen Phasen vertreten. Die Elektronenoptik befindet sich im ersten Anfangsstadium, die Elektroakustik hat schon eine gewisse Selbständigkeit erreicht, ist aber noch eng mit der allgemeinen Physik verbunden; die Elektrotechnik und die Chemie sind selbständige technisch-wissenschaftliche Disziplinen, stehen aber mit der allgemeinen Physik in wichtigen Zusammenhängen, indem die Elektrotechnik durch die Fortschritte der Physik auf dem Gebiet der Gasentladungen, die Chemie durch die Fortschritte der Atom- und Kernphysik weiter befruchtet wird. Die Kältetechnik endlich steht mit der allgemeinen Physik, aus der sie sich ursprünglich an der Hand der Hauptsätze entwickelt hat, nur noch in schmaler Verbindung, indem sie

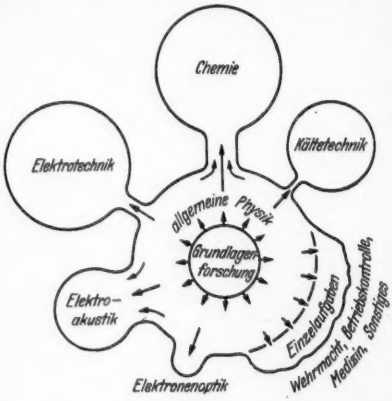


Fig. 1.

schon alles aus der Physik, was für sie brauchbar war, verarbeitet hat und kaum noch auf Fortschritte von hier aus rechnet. Der Querschnitt der hier gekennzeichneten Verbindungen von der Physik zu einer Spezialtechnik, welcher die Intensität dieses Zusammenhanges kennzeichnen soll, gibt dabei nur den zur Zeit geltenden Zustand wieder. In dem Augenblick z. B., wo die Erzeugung des elektrischen Stromes unmittelbar aus der Kohle entdeckt wird, oder wo die Temperaturgrenze der Supraleitfähigkeit wesentlich nach oben gerückt wird, ergießt sich wieder ein breiterer Strom physikalischer Befruchtung in die Elektrotechnik. Ähnlich wäre es mit der Kältetechnik, wenn die Erzeugung von Kälte durch magnetische Vorgänge praktisch brauchbar gestaltet werden würde. — Dieses Bild muß noch vervollständigt werden durch die Beantwortung der Frage, wann die Entwicklung einer Technik aus der Physik als abgeschlossen gelten kann, wann also die betreffende Technik zu einer selbständigen Disziplin geworden ist. Dieses Endstadium ist erreicht, wenn folgende Vorbedingungen erfüllt sind: Die praktische Bedeutung des Gebietes muß genügend groß geworden sein; — der geistige Gehalt des Gebietes, d. h. die Anforderung an Spezialkenntnissen und Spezialerfahrungen, muß so umfangreich geworden sein, daß diese nicht mehr neben der allgemeinen Physik erworben werden können, sondern vielmehr die Lebensarbeit eines Mannes vollständig ausfüllen; — die erste Generation, welche diesen Zweig der Physik zur Technik gemacht hat, muß ausgestorben sein; — als Konsequenz dieser drei Voraussetzungen und als äußeres Zeichen für die technische Selbständigkeit dieses Gebietes folgt endlich: Die neue Technik muß zu einem staatlich anerkannten, personell und sachlich genügend fundierten Lehrgegenstand an der Universität oder Technischen Hochschule geworden sein. —

Das ganze Schema gibt nur einen kleinen Ausschnitt aus den mannigfachen Zusammenhängen der Physik mit den verschiedensten Gebieten der Technik und der Naturwissenschaften wieder. Tatsächlich ist die Anzahl der Gebiete, welche aus der Physik entstehen oder entstanden sind, sowie der Gebiete, welche ihre wissenschaftliche Grundlage ganz oder doch zum großen Teil der Physik verdanken, ein Vielfaches von den Beispielen des Schemas. Zum Teil handelt es sich um ganze Gruppen von wissenschaftlichen oder technischen Gebieten; neben der großen Gruppe der Elektrotechnik mit allen ihren Zweigen steht z. B. die mechanische Gruppe: Technische Mechanik, Schwingungslehre, Hydrodynamik, Aerodynamik, Ballistik, und die astronomisch-geophysikalische Gruppe: Astronomie, Astrophysik, Geophysik, Meteorologie.

Statt alle Einzelgebiete dieser Art aufzuzählen, erscheint es zweckmäßiger, die quantitative Bedeutung der Physik innerhalb der Gesamttechnik an einem praktischen Beispiel nachzuweisen. Wir wollen an der Hand des Vorlesungsverzeichnisses der Technischen Hochschule Berlin für 1939/40 zeigen, welche überragende Rolle die Physik in dem Lehrbetrieb einer großen Technischen Hochschule und damit in der gesamten Naturwissenschaft und Technik spielt. Wir stellen zu diesem Zweck die Zahl der Vorlesungen und Übungen des Verzeichnisses nach folgenden Gesichtspunkten zusammen, wobei wir die Übungen stets der Kürze wegen mit unter der Bezeichnung „Vorlesung" verstehen und zählen wollen.

1. Physikalische Vorlesungen für Physiker. — Gesamtzahl 29.

2. Physikalische Vorlesungen für Nichtphysiker (Ingenieure, Chemiker usw.). Gesamtzahl 22.

3. Vorlesungen aus Gebieten, welche ohne die Physik überhaupt nicht oder doch nur als grobe Empirie existieren würden, und welche ihre wissenschaftliche Grundlage sowie ihre weiteren wissenschaftlichen Impulse nur der Physik verdanken. Hierhin gehören folgende Gruppen: Mechanische Gruppe: Mechanik, Schwingsungslehre, Hydrodynamik, Aerodynamik, Ballistik. — Wärmetechnische Gruppe: Dampfmaschinenbau[1]), Thermodynamik, Wärmelehre, Kältetechnik. — Elektrotechnische Gruppe: Starkstromtechnik, Schwachstromtechnik, Hochfrequenztechnik, Fernsprech- und Telegraphentechnik usw. — Physikalisch-Technische Gruppe: Technische Akustik, technische Optik, Lichttechnik, Mikroskopie, Röntgenographie. — Physikalisch-Chemische Gruppe: Physikalische Chemie, Elektrochemie, Photochemie, Photographie, Kolloidchemie. Gesamtzahl 327.

4. Vorlesungen aus Gebieten, welche ohne die Physik zwar als systematische Naturwissenschaft existieren würden, welche aber ihre tieferen Grundlagen und ihre entscheidenden Impulse ganz oder doch vorwiegend aus der Physik erhalten haben. Hierhin gehören: Anorganische Chemie, Metallkunde, Mineralogie, Astronomie, Astrophysik, Geophysik, Meteorologie. Gesamtzahl 64.

5. Vorlesungen aus Gebieten, welche keinen so hohen physikalischen Grundgehalt haben wie die Gebiete unter 3 und 4, welche aber doch mehr oder minder eng mit der Physik zusammenhängen. Hierhin gehören: die analytischen, organischen und technologischen Gebiete der Chemie; die verschiedenen Gebiete der Statik und Festigkeitslehre sowie der Dynamik; endlich die Gebiete, welche — ohne eigenen physikalischen Gehalt — zu einem wesentlichen Teil auf die Verwendung physikalischer Instrumente angewiesen sind, wie allgemeine Meßlehre, Photogrammetrie, Geodäsie, Markscheidekunde. Gesamtzahl: 134.

6. Vorlesungen aus technischen Gebieten, welche direkt mit der Physik wenig oder nichts zu tun haben. Hierhin gehören: Mathematik — Architektur, Bauingenieurwesen — allgemeiner Maschinenbau, Schiffs- und Schiffsmaschinenbau, Flugzeugbau — Bergbau

[1]) Es handelt sich hier nicht so sehr um die wichtige, aber doch etwas verjährte Tatsache, daß die Dampfmaschine eine physikalische Erfindung ist, sondern in erster Linie darum, daß der ganze moderne Dampfmaschinenbau erst durch die physikalische Thermodynamik zu einer wissenschaftlichen Technik geworden ist, und daß die Entwicklung der Dampfturbine wesentlich auf der physikalischen Strömungslehre basiert. — Übrigens sind hier nur die prinzipiellen, nicht die konstruktiven Vorlesungen gezählt, im ganzen rund 20.

und Hüttenwesen — soweit nicht auch hier einzelne Vorlesungen unter die Ziffern 3, 4 und 5 fallen. Gesamtzahl 579.

7. Vorlesungen aus nichttechnischen Gebieten. Hierhin gehören: Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Kunst, Philosophie, Sprachen usw. Gesamtzahl 119.

Läßt man die nichttechnischen Vorlesungen unter Punkt 7 unberücksichtigt, welche mit 119 knapp 10% der Zahl aller Vorlesungen ausmachen, und bezieht man die Zahl der einzelnen Rubriken auf die Gesamtzahl aller *technischen* Vorlesungen gleich 1160, so erhält man folgende Übersicht:

Die Zahl der eigentlichen physikalischen Vorlesungen für Physiker und für Nichtphysiker beträgt 4,4%, sie gibt aber *nicht entfernt* ein Bild von der wirklichen Bedeutung der Physik. Sie erhöht sich auf 33,3%, wenn alle Gebiete hinzugenommen werden, die ohne die Physik überhaupt nicht existieren würden, und auf 38%, wenn wir weiter die Gebiete hinzunehmen, welche ohne die Physik zum großen Teil bloße Empirie bleiben würden, und endlich auf rund 50% durch die Gebiete, welche außerdem noch mit der Physik in einem merklichen Zusammenhange stehen.

Aber auch die restlichen 50% sind keineswegs unbeeinflußt von der Physik. Abgesehen von den nie fehlenden kleinen Zusammenhängen — man denke an die in *jedem* Teilgebiet der Technik gebräuchlichen physikalischen Instrumente und an kleinere Einzelprobleme, wie z. B. die Raumakustik — dienen ja diese Vorlesungen zu einem großen Teil dem konstruktiven Ausbau von Maschinen, Flugzeugen usw., deren Grundprinzipien auf physikalischen Erkenntnissen beruhen, oder der Herstellung von Anlagen, welche als Folgebedürfnis physikalischer Erfindungen erscheinen, wie das ganze Netz-, Wagen- und Sicherungswesen der Dampf- und elektrischen Bahnen. —

Alles in allem ist hiernach die Rolle der Physik in der gegenwärtigen Technik eine so überragende, daß man einen *großen* Fehler macht, wenn man die Physik nur als eine Einzelwissenschaft und nicht nach ihrer Schlüsselstellung zur Gesamttechnik werten würde. Dabei handelt es sich nicht um eine Rolle, welche einmal bedeutend war, jetzt aber ausgespielt ist, sondern um eine Rolle, welche die Technik der Zukunft im gleichen oder wahrscheinlich in noch höherem Maße beeinflussen wird wie die Technik der Vergangenheit und der Gegenwart. Die Physik wird so zu einer der wesentlichsten Grundlagen unserer Wirtschaft und Wehrkraft. Dies gilt ganz besonders für jeden Wettbewerb mit anderen Völkern auf wirtschaftlichem und militärischem Gebiet. Eine fertige Technik kann ohne große Schwierigkeiten nachgeahmt werden, die Werdeprozesse neuer Technik und neuer Naturwissenschaft sind dagegen an das geistige Potential der Rasse gebunden. Dieser Schlüsselstellung der Physik muß auch der Staat Rechnung tragen, wenn es sich um die materielle Unterstützung der physikalischen Forschung oder um die optimale Organisation der physikalischen Ausbildung handelt.

Stromwirkung und Feinstruktur im Zentralnervensystem[1]).

Von F. SCHEMINZKY, Innsbruck.

1.

Der konstante Gleichstrom (= galvanischer Strom) führt bei biologischen Objekten die verschiedenartigsten Reaktionen herbei. Protozoen werden von ihm z. B. zur aktiven Bewegung gegen eine der Elektroden veranlaßt (anodische oder kathodische Galvanotaxis), beim Forellenei wird die sonst für Salze undurchgängige Eimembran permeabel — wobei der Salzaustritt ein Ausfallen des Eiglobulins bedingt —, beim Muskel führt Stromschließung oder Stromöffnung zu einer Kontraktion, bei Durchströmung des Zentralnervensystems kann Narkose oder auch ein allgemeiner Erregungszustand hervorgebracht werden usw. In allen diesen Fällen spielen die sog. *polaren Wirkungen des galvanischen Stromes* eine wesentliche Rolle, die dort auftreten, wo die Stromlinien aus der Umgebung (Kulturmedium, umhüllendes Gewebe u. dgl.) in das reagierende Element eintreten, bzw. dort, wo sie aus diesem Element wieder austreten. Die kathodische Galvanotaxis von Amöben kommt beispielsweise dadurch zustande, daß die Oberflächenspannung an dem der Kathode (Austritt der Stromlinien) zugekehrten Zellpol erniedrigt wird und das dorthin fließende Protoplasma die Zelle in Richtung zur Kathode in Bewegung versetzt; beim Forellenei bildet sich unter bestimmten Bedingungen die Durchlässigkeitssteigerung der Membran nur am anodisch gerichteten Eipol (Eintrittsort der Stromlinien) aus, weshalb die Globulinfällung im anodischen Polfeld beginnt; der Erregungsprozeß im Muskel beim Stromschluß entsteht am Ort des Stromaustrittes, also an der Kathode, und läuft von dort über die ganze Länge dieses Organs hinweg. Kennzeichnend für alle diese Reaktionen auf die Durchströmung ist, daß die *Stromrichtung keine wesentliche Bedeutung* hat. Änderung der Stromrichtung (Stromwendung) verlegt zwar die genannten polaren Stromwirkungen (Erniedrigung der Oberflächenspannung bei der Amöbe, Durchlässigkeitserhöhung der Eimembran, Erregungsprozeß im Muskel) auf die gegenüberliegende Oberflächenzone der reagierenden Elemente; von außen betrachtet, ist aber die Reaktion die *gleiche* geblieben: die Amöbe wandert wieder zur neuen Kathode, ein Forellenei zeigt gleich falls eine anodisch beginnende Globulinfällung,

[1]) Nach einem im Med.-Naturwiss. Verein Innsbruck gehaltenen Vortrag.

der Muskel kontrahiert sich wie früher. Grundsätzlich anders verhält sich jedoch das Zentralnervensystem.

2.

Seit den ersten Untersuchungen von HERMANN (1) (1885) über den *Einfluß einer galvanischen Längsdurchströmung* auf niedere Wirbeltiere zeigte sich immer wieder, daß dabei der *Stromrichtung im Tierkörper* eine ausschlaggebende Rolle zukommt. Erfolgt die Durchströmung (z. B. bei Fischen, Kaulquappen, Fröschen usw.) unter Wasser, so führt *absteigende* Stromrichtung (Kopfende der Anode, Hinterende der Kathode zugekehrt) zu einer *Lähmung* des Tieres mit Unbeweglichkeit, Fehlen aller Versuche der Lagekorrektur beim Umdrehen auf den Rücken u. dgl.; *aufsteigende* Stromrichtung dagegen ruft einen *allgemeinen Erregungszustand* mit krampfhafter Kontraktion aller Körpermuskeln hervor. Am deutlichsten läßt sich, wie Fig. 1 zeigt, der Lähmungszustand im absteigenden Strom [von BLASIUS und SCHWEIZER (2) *„Galvanonarkose"* genannt] und der Erregungszustand im aufsteigenden Strom [von KÖLLENSPERGER und SCHEMINZKY (3) als *„galvanischer Krampf"* bezeichnet] am unter Wasser durchströmten Frosch nachweisen.

Während also in den eingangs angeführten Beispielen die Stromrichtung für die Reaktion des Versuchsobjektes bedeutungslos war, sehen wir, daß dies bei der Durchströmung des Frosches und anderer niederer Wirbeltiere nicht mehr zutrifft; mit Änderung der Stromrichtung wird die Reaktion gerade in das *Gegenteil* umgewandelt. Trotz vieler einschlägiger Untersuchungen von Physiologen und Zoologen ist aber eine Klärung dieses seltsamen *Antagonismus in der Stromwirkung je nach der Stromrichtung* nicht erreicht worden, und auch das sich hinter ihr verbergende biologische Grundproblem hatte bis vor kurzem keine wesentliche Beachtung gefunden. Erst in den Untersuchungen des Verfassers und seiner Mitarbeiter wurde die entgegengesetzte Funktionsbeeinflussung des Zentralnervensystems (ZNS.) je nach der Richtung des galvanischen Stromes eingehender und zusammenhängender verfolgt; es ergaben sich dabei Einblicke in die morphologische und physiologische Struktur dieses Organs, deren Bedeutung über den einfachen Froschversuch weit hinausgeht. Nachdem in einem nunmehr 20jährigen Zeitraum sich die vergleichend-physiologischen Untersuchungen von den Seesternen bis zum Menschen hin erstreckt haben, soll im folgenden ein Bericht über den zurückgelegten Weg und die bisher gewonnenen Erkenntnisse gegeben werden. Angeführt sind meistens nur die Versuche des Verfassers und seiner Mitarbeiter; ältere Mitteilungen zur vorliegenden Fragestellung müssen einem Sammelreferat über „Elektrotaxis und Elektronarkose" (4) entnommen werden.

3.

Mit der Bemerkung von der „entgegengesetzten Funktionsbeeinflussung des ZNS. je nach der Stromrichtung" wurde bereits ein Teilergebnis unserer Untersuchungen vorweggenommen. Wenn auch schon ältere Arbeiten vermuten ließen, daß der Angriffspunkt des galvanischen Stromes sowohl bei der Galvanonarkose (GN.) als auch beim galvanischen Krampf (g. Kr.) nicht peripher, sondern *zentral* liegen muß, so war doch noch die Beweiskette zu schließen. Die sonst bei der Untersuchung des ZNS. üblicherweise angewandten operativen Eingriffe (Durchtrennung, Abtragung u. dgl.) schieden allerdings bei der Lösung der vorliegenden Fragestellung zum großen Teil aus, weil der operativ hervorgebrachte Substanzverlust die *Stromverteilung im Tierkörper ändert*. Es wurde daher vorerst ein Verfahren entwickelt, das ohne Eingriff von außen, mittels Kurzwellen-Wärmebändern, beliebige Abschnitte des ZNS. durch Hitzekoagulation scharf begrenzt auszuschalten gestattet (5). Besonders eindrucksvoll nach solchen Eingriffen im ZNS. ist die Auslösung des g. Kr. durch den *aufsteigenden* Strom, da bei bloß *halb-*

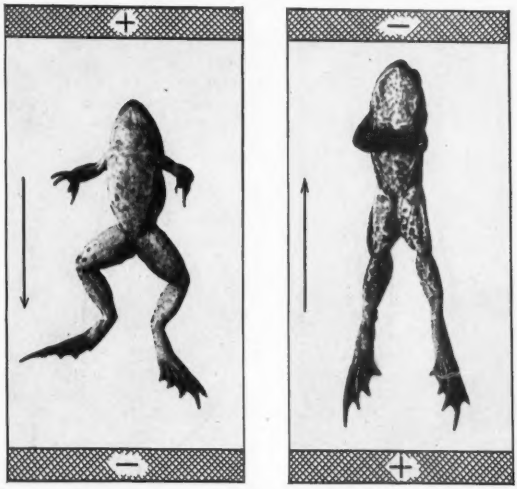


Fig. 1. Frosch (Rana esculenta) in *Galvanonarkose* bei *absteigender* Stromrichtung (links) bzw. im *galvanischen Krampf* bei *aufsteigender* Stromrichtung (rechts). Durchströmung unter Wasser bei einer Stromdichte im Flüssigkeitsbecken von 2,6 μA/qmm. Die schraffierten Felder geben die Lage der („physikalischen") Elektroden, die Pfeile die Stromrichtung an. Sowohl in der Galvanonarkose als auch im galvanischen Krampf läßt sich das Tier ohne Abwehrversuche auf den Rücken legen, im ersten Fall der Lähmung wegen, im zweiten wegen der allgemeinen Muskelkrämpfe (besonders deutlich an der Streckung der Hinterbeine zu erkennen), die jede willkürliche Bewegung unmöglich machen. [Aus SCHEMINZKY und KÖLLENSPERGER (3)].

seitiger Zerstörung die andere Körperhälfte als Kontrolle dienen kann. In Fig. 2 wurde beispielsweise die rechte Hälfte der die Hinterbeine versorgenden Zentren im Rückenmark (rechte Hälfte der Lumbalanschwellung) zerstört, wobei jedoch die abgehenden Nerven und selbstverständlich auch die Muskeln des Hinterbeines unversehrt geblieben sind; der Versuch zeigt, daß die für den g. Kr. kennzeichnende Streckung des Hinterbeines

Fig. 2. *Ausbleiben des Streckkrampfes* im rechten Hinterbein nach Zerstörung der rechten Hälfte der Lumbalanschwellung im Rükkenmark des Frosches (Rana esculenta) durch ein Kurzwellen-Wärmeband. Die Lage der Zerstörungsstelle ist durch den weißen Kreis angegeben. Der aufsteigende Strom muß den Streckkrampf durch Angreifen am Zentralnervensystem, und nicht durch periphere Wirkung hervorbringen. [Aus KÖLLENSPERGER und SCHEMINZKY (3).]

wohl auf der gesunden, *nicht aber* auf der *zerstörten* Seite auftritt. Aus diesen und ähnlichen Versuchen muß geschlossen werden, daß der aufsteigende Strom den g. Kr. nicht durch Angreifen an den Muskeln oder den sie versorgenden peripheren Nerven hervorbringt, sondern unmittelbar auf das ZNS. wirkt. Zerstörung aller oberhalb des Rückenmarks gelegenen Zentren mittels Kurzwellen-Wärmebändern läßt den g. Kr. ungeändert. Die Stromwirkung muß daher auf das Rückenmark selbst erfolgen [KÖLLENSPERGER und SCHEMINZKY (3)]. Das gleiche gilt sinngemäß für die Auslösung der GN. durch die *absteigende* Stromrichtung.

4.

Für die GN. ergab sich weiter die Zusatzfrage, ob hier eine *primäre* Lähmungswirkung des Stromes vorliegt oder ob diese — so wie bei der elektrischen Betäubung von Schlachttieren oder der Elektroschockbehandlung psychiatrischer Fälle mit Wechselstrom — bloß eine *sekundäre* Folge primärer Überreizung oder Erschöpfung des ZNS. ist. Da andere echte *physikalische* Narkosen, z. B. die Wärmelähmung, sich mit der *chemischen* Narkose *addieren* lassen, wurde daher auch die GN. an mit kleinen Dosen von Narkoticis vorbehandelten Tieren (Fischen, Molchen, Fröschen) geprüft. Bei ein und demselben Tier tritt die GN. praktisch stets bei der *gleichen* Schwellenstromdosis ein; nach SCHEMINZKY (6, 7), ADLER (8), KRAUS und REIFFENSTUHL (9) sowie ADLER und HRADECKY (10, 11, 12) wird jedoch nach Vorbehandlung der Tiere mit an sich noch unwirksamen Mengen von Narkoticis die Schwellenstromdosis der GN. deutlich *gesenkt*. Er findet also eine *Addition* der lähmenden Wirkung des Narkoticums und der Stromwirkung statt, weshalb diese als *primäre* Lähmung angesehen werden muß. Daß die Funktionsbeeinflussung des ZNS. durch den *aufsteigenden* Strom in gerade entgegengesetzter Art erfolgt, geht daraus hervor, daß der g. Kr. an mit Narkoticis vorbehandelten Tieren erst bei *größeren* Schwellenstromdosen erzielt werden kann. Im Gegenversuch ließ sich zeigen, daß *zentral erregende Mittel* die Schwellenstromdosis für die GN. vergrößern, da der *absteigende* Strom die Lähmung von einer *höheren* Erregbarkeitsbasis aus herbeizuführen hat; dagegen tritt infolge der Addition der erregenden Wirkung des *aufsteigenden* Stromes und der eines zentral erregenden Mittels der g. Kr. schon bei einer *niedrigeren* Schwellenstromdosis ein.

Besonders deutlich werden die geschilderten Verhältnisse bei Anwendung des von uns entwickelten „Stromdosisverfahrens"; bei diesem wird die Schwellenstromdosis für die GN. oder den g. Kr. fortlaufend vor und nach der Einspritzung des zu untersuchenden Stoffes im Froschversuch in etwa 10- oder 12-Minuten-Abständen gemessen.

Wie die Fig. 3 für den Fall der GN. zeigt, *sinkt* die mit 100% bezeichnete Ausgangsstromdosis

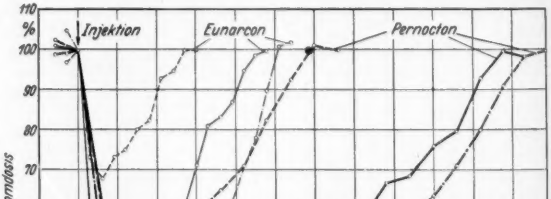


Fig. 3. Die zur Erzielung der *Galvanonarkose* erforderliche *Stromdosis* in aufeinanderfolgenden Bestimmungen bei Kontrolltieren sowie Fröschen (Rana esculenta), denen die Hälfte einer eben noch wirksamen Dosis eines chemischen Narkoticums in den Rückenlymphsack injiziert worden war. Die Stromdosis wird vorübergehend *gesenkt*. Diese „Stromdosiskurve" stellt gleichzeitig die Wirkungskurve des betreffenden Pharmakons dar. [Aus ADLER und HRADECKY (10).]

nach der Injektion von Narkoticis, um — nach Durchlaufen des Minimums — mit der Zerstörung und Ausscheidung des Mittels wieder zum Ausgangswert anzusteigen; mit der Wirkungsdauer des geprüften Narkoticums ist auch die *Länge* dieser Stromdosiskurve verschieden. Bei Kontrolltieren ändert sich die Stromdosis praktisch *nicht* (dicke strichlierte Kurve in Fig. 3). Nach Fig. 4 dagegen wird durch die Einspritzung eines zentral erregenden Mittels die Stromdosis für die GN. *vorübergehend erhöht.*

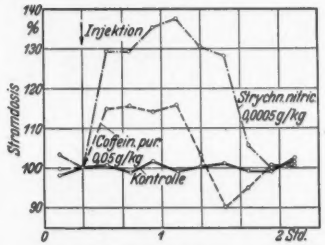


Fig. 4. *Verlauf der Stromdosiskurve* für die *Galvanonarkose* bei Kontrolltieren sowie Fröschen (Rana esculenta), denen eine kleine, an sich noch unwirksame Menge eines zentral erregenden Stoffes in den Rückenlymphsack injiziert worden war. Die Stromdosis wird vorübergehend *erhöht*, bei Coffein in einer zweiten Phase anschließend vorübergehend *gesenkt*. [Aus ADLER und HRADECKY (10).]

5.

Das rein zentrale Angreifen des galvanischen Stromes und die je nach dessen Richtung entgegengesetzte Funktionsbeeinflussung des ZNS. läßt sich auch mit dem *„Reizverfahren"* (13) nachweisen. Bei diesem wird, wie Fig. 5 zeigt, die galvanische Längsdurchströmung vom Kopf zum Hinterende oder umgekehrt an einem in *Luft* befindlichen Tier mit Hilfe der Kopfelektrode G_1 und der Kloakenelektrode G_2 vorgenommen. Zur Funktionsprüfung des Rückenmarks werden diesem Organ außerdem über die Elektroden R_1 und R_2 kurze Stromstöße (20—30 je Minute) zugeleitet, die rhythmisch zur Erregung des Rückenmarkes und damit zu zuckenden Bewegungen aller Muskeln, u. a. auch der der *Hinterbeine*, führen. Über den Faden F, die Rolle R und den Schreibhebel H wird die Größe dieser Bewegungsimpulse aufgezeichnet, die — bei gleichbleibender Reizstärke an R_1 und R_2 — ein *Maß für den Erregbarkeitsgrad* des Rückenmarkes darstellen. Wie Fig. 6 erkennen läßt, führt *aufsteigende* Durchströmung in der Versuchsphase B zu einer Verstärkung der Beinbewegungen, also zu einer *Erhöhung der Rückenmarkserregbarkeit*, während die *absteigende* Stromrichtung in der Versuchsphase E die Reizwirkung unter den Elektroden R_1 und R_2 (Fig. 5) aufhebt, also die *Rückenmarkserregbarkeit vermindert*. Mit diesem Reizverfahren läßt sich also auch zeigen, daß selbst *schwächere* aufsteigende Ströme — als sie zur Auslösung des allgemeinen Erregungszustandes im g. Kr. erforderlich sind — schon eine Erregbarkeits*steigerung* im Rückenmark herbeiführen. Außerdem ergab sich bei diesen Versuchen, daß die vom galvanischen Strom im Rückenmark bewirkten Erregbarkeitsänderungen nach der Strom*ausschaltung* vorübergehend in ihr *Gegenteil* umschlagen: der erhöhten Erregbarkeit während der aufsteigenden Durchströmung in der Versuchsphase B (Fig. 6) folgt bei C und D eine vorübergehende Erregbarkeits*verminderung*; der Läh-

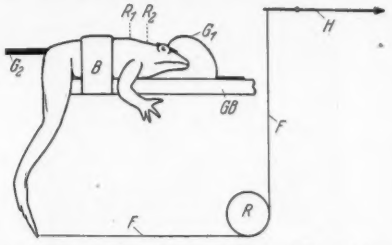


Fig. 5. Versuchsanordnung beim „Reizverfahren". Der auf dem Grundbrett *GB* mit dem Band *B* festgehaltene Frosch wird über die Elektroden G_1 und G_2 galvanisch längs durchströmt; zur Prüfung der Rückenmarkserregbarkeit dienen die Elektroden R_1 und R_2, mit welchen rhythmisch Reizstromstöße zu diesem Organ gesendet werden. Die Reize führen zu zuckenden Bewegungen der Hinterbeine, deren Größe über Faden F, Rolle R und Schreibhebel H zur Aufzeichnung gelangt. [Aus SCHEMINZKY, FUORTES und KÖLLENSPERGER (14).]

mung im *absteigenden* Strom während der Phase E folgt vorübergehend eine Erregbarkeits*steigerung* bei F und G. Eine *Umkehr* des Erregbarkeitszustandes nach der Stromausschaltung war für den peripheren Nerven (bei den sog. elektrotonischen Erscheinungen), nicht aber für das ZNS. bekannt.

Da bei der Anordnung nach Fig. 5 der Reizstrom (zwischen R_1 und R_2) sowie der galvanische Strom (zwischen G_1 und G_2) durch das gleiche Stück des Froschkörpers fließen, könnten die Ergebnisse nach Fig. 6 auch auf Interferenz der beiden Ströme beruhen. Beweisender ist es daher, das Rückenmark nicht direkt, sondern *indirekt* zu reizen. Zu diesem Zweck werden die Elektroden R_1 und R_2 der Anordnung nach Fig. 5 an die Zehen des mit dem Schreibhebel verbundenen Hinterbeines verlegt, so daß der Reiz nur die *Haut*nerven trifft; diese übermitteln ihre Erregung dem Rückenmark auf dem Nervenwege und führen gleichfalls rhythmisch *Reflex*bewegungen des Hinterbeines herbei. Da unter diesen Bedingungen nach Fig. 7 während und nach der galvanischen Durchströmung die gleichen Erregbarkeitsänderungen im Rückenmark wie bei der direkten Reizung nachzuweisen sind, muß also der galvanische Strom wirklich die Erregbarkeit des Rückenmarkes selbst beeinflussen (13, 14, 15). Bei Wiederholung un-

serer Versuche haben im übrigen auch M. und L. LAPICQUE (16) die gleichen Veränderungen der Reflextätigkeit durch den ab- bzw. aufsteigenden Strom gefunden.

Schließlich kann die antagonistische Beeinflussung der Rückenmarkstätigkeit durch den ab- bzw. aufsteigenden Strom auch durch Ableitung der Aktionspotentiale von den Muskeln der Peripherie

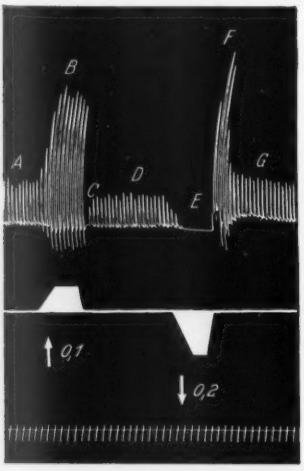


Fig. 6. Verhalten der *direkten* Rückenmarkserregbarkeit — ausgedrückt durch die Höhe der nach Fig. 5 aufgezeichneten Ausschläge eines Hinterbeines — *vor, während* und *nach* galvanischer Längsdurchströmung beim Frosch (Rana esculenta). Obere Zeile: Ausschläge des Hinterbeines; mittlere Zeile: Verlauf des galvanischen Stromes (die Neigung der Trapezseiten entspricht dem Verlauf des Stromes, die Höhe der Trapeze der Stromstärke; der Pfeil gibt die Stromrichtung an, die Zahlen bedeuten die Stärke des galvanischen Stromes in mA); unterste Zeile: Zeitmarken je 3 Sekunden. Versuchsverlauf: *A* Reizung mit rhythmischen Kondensatorentladungen allein; *B* Vergrößerung der Rückenmarkserregbarkeit durch den *aufsteigenden* Strom (Vorstufe des galvanischen Krampfes); *C, D* schnell vorübergehende starke bzw. länger andauernde schwache Erregbarkeitsverminderung als *Nachwirkung*; *E* Aufhebung der Rückenmarkserregbarkeit durch *absteigende* galvanische Durchströmung (Galvanonarkose); *F, G* schnell vorübergehende starke bzw. länger andauernde geringe Erregbarkeitsverstärkung als *Nachwirkung*. [Aus SCHEMINZKY (18).]

erkannt werden. Während bei *absteigender* Durchströmung *keine* Aktionspotentiale — als Zeichen fehlender Innervation — nachzuweisen sind, treten solche bei *aufsteigender* Richtung des galvanischen Stromes — als Zeichen verstärkter Rückenmarkstätigkeit — immer auf (13, 17).

6.

Die entgegengesetzte Funktionsbeeinflussung des ZNS. je nach der Richtung des längs durch den Froschkörper geleiteten galvanischen Stromes läßt sich daher auf verschiedenen Wegen erkennen: 1. durch *Beobachtung des Allgemeinverhaltens* (GN. im absteigenden, g. Kr. im aufsteigenden Strom); 2. *durch Feststellung der synergischen bzw. antagonistischen Wirkung des galvanischen Stromes zur Wirkung zentral lähmender bzw. zentral erregender Mittel* (Verschiebung der Schwellenstromdosis für die GN. oder den g. Kr.); 3. *durch Prüfung der Rückenmarkserregbarkeit bei direkter oder Reflexreizung* vor, während und nach der galvanischen Durchströmung (Erregbarkeitsherabsetzung während absteigender, Erregbarkeitserhöhung während aufsteigender Durchströmung, stets mit umgekehrter Nachwirkung); 4. *durch Ableitung der Aktionspotentiale* von den Muskeln der Körperperipherie (Fehlen solcher während absteigender, Vorhandensein solcher während aufsteigender Durchströmung). Nicht bei allen Tierarten sind diese im

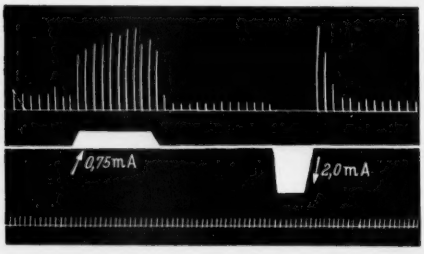


Fig. 7. Verhalten der *Reflex*erregbarkeit des Rückenmarkes vom Frosch (Rana esculenta) bei auf- und absteigender galvanischer Längsdurchströmung. Bedeutung der Zeilen und der Vermerke in der Kurve wie bei Fig. 6. [Aus KÖLLENSPERGER (15).]

Froschversuch gangbaren Wege anwendbar; das eine oder andere Untersuchungsverfahren ist jedoch stets geeignet, auch beim ZNS. anderer Organismen einen solchen Antagonismus in der Wirkung des galvanischen Stromes je nach seiner Richtung nachzuweisen.

7.

Reaktionsumkehr bei Richtungsumkehr der galvanischen Durchströmung findet man aber nicht bloß beim ZNS. des Frosches; schon im Reich der *Wirbellosen* gibt es viele Beispiele.

Bei den *Seesternen* hat das ZNS. allerdings eine besondere Anordnung. Es besteht, wie bei allen Stachelhäutern, aus einem zentralen Ring, von welchem Radialnerven in die einzelnen Arme ausstrahlen; diese Radialnerven sind nicht wie sonstige Nerven bloße Leitungsbahnen, sondern gleichfalls Zentren, da sie auch Nervenzellen enthalten. Wird ein Seestern, wie Fig. 8 in der oberen Reihe für Asterina gibbosa zeigt, galvanisch durchströmt, so tritt durch Muskelkontraktion eine Körperverformung auf (Teilbild 2), die sich nach Wendung des Stromes in symmetrischer Art ausbildet (Teilbild 3). Durchtrennt man den zentralen Ring zwischen je 2 Radien (Teilbild 4), so wird durch diesen Eingriff die Körperverformung

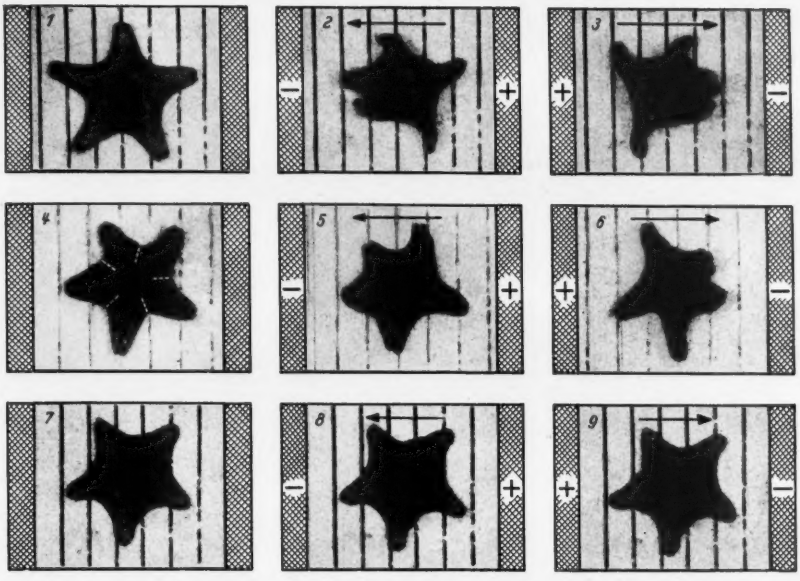


Fig. 8. Reaktion von Asterina gibbosa auf galvanische Durchströmung beim unversehrten Tier (Teilbilder 1—3), beim Tier nach Durchtrennung des zentralen Nervenringes zwischen je 2 Armen (Teilbilder 4—6), sowie beim Tier nach Zerstörung der Radialnerven (Teilbilder 7—9); Stromdichten im Flüssigkeitsbecken in den 4 Versuchsreihen: 104, 5 bzw. 86,4 und 104,5 μA pro Quadratmillimeter. Die Teilbilder 1, 4 und 7 zeigen die Versuchstiere *vor* der Durchströmung; die weißen radiären Striche im Teilbild 4 deuten die Lage der Schnittstellen (an der Unterfläche des Tieres) an. Die doppelt schraffierten Flächen links und rechts zeigen die Lage der („physikalischen") Elektroden, die Pfeile die Stromrichtung. Zur besseren Beurteilung der Formänderungen ist ein Strichraster unter das Tier gelegt. [Aus SCHEMINZKY (18).]

nicht gestört (Teilbilder 5 und 6); Auskratzen der Radialnerven dagegen verhindert das Auftreten der beschriebenen Stromwirkung (Teilbilder 8 und 9). Aus diesen Versuchen folgt, daß der zentrale Nervenring für die vom galvanischen Strom bewirkten Muskelkontraktionen belanglos ist, daß der Strom aber auch nicht an den Muskeln selbst angreift; die Stromwirkung kommt vielmehr über die geradlinig ausgestreckten Abschnitte des ZNS., über die *Radialnerven*, zustande (18). Dieser Befund lenkt nun die Aufmerksamkeit auf die Rolle der Stromrichtung bei reiner Längsdurchströmung eines solchen Radialnerven, d. h. auf die Art der Muskelkontraktionen in jenen Armen, die gerade zufällig in Richtung der Stromlinien ausgestreckt sind. Aus Teilbild 5 von Fig. 8 geht schon hervor, daß der gegen — ausgestreckte Arm *verkürzt* und *verdickt*, der gegen + ausgestreckte dagegen *verschmälert* und *verlängert* wird; im Teilbild 6 von Fig. 8 hat sich das Verhalten dieser beiden Arme mit Richtungsänderung des Stromes *umgekehrt*. Fast deutlicher noch als bei Asterina gibbosa ist die Formänderung der in Stromlinienrichtung ausgestreckten Arme beim Sonnenstern (Fig. 9). Verkürzung und Verdickung eines Armes wird nun durch Kontraktion der *Längs*muskeln, Verschmälerung und Verlängerung dagegen durch

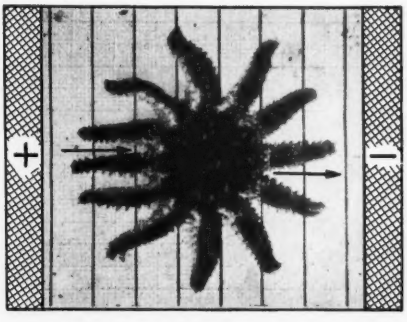


Fig. 9. *Verlängerung* und *Verschmälerung* der *aufsteigend* (von der Spitze gegen das Zentrum) durchströmten Arme bzw. *Verkürzung* und *Verdickung* der *absteigend* (vom Zentrum gegen die Spitze) durchströmten Radien beim Sonnenstern (Solaster papposus). Stromdichte im Flüssigkeitsbecken 74,8 μA/qmm. Schraffierte Felder und Pfeile wie in Fig. 9. [Aus SCHEMINZKY (18).]

Kontraktion der *Quer*muskeln bewirkt. Ein gegen — gerichteter Arm wird *absteigend* (vom zentralen Ring gegen die Armspitze), ein gegen +

gerichteter jedoch *aufsteigend* (von der Armspitze gegen den zentralen Nervenring) durchströmt; der geschilderte Befund läßt sich daher auch so ausdrücken: *absteigende* Stromrichtung im Radialnerven führt zur *Erregung der Neurone für die Längsmuskeln*, *aufsteigende* dagegen zur *Erregung der Neurone für die Quermuskeln*. Mit Änderung der Stromrichtung tritt also auch in den geradlinig ausgestreckten Abschnitten des Seestern-ZNS. eine antagonistische Funktionsänderung auf.

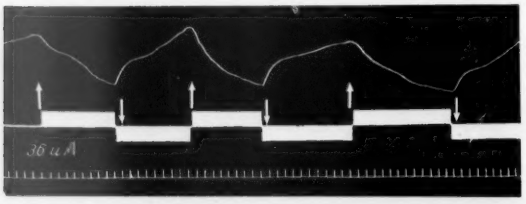


Fig. 10. *Längenänderung eines Regenwurmes* (Lumbricus terrestris) in Abhängigkeit von der Stromrichtung. Obere Zeile: Wurmlänge (Steigen der Kurve = Verkürzung, Sinken der Kurve = Verlängerung); mittlere Zeile: Verlauf des Stromes (Richtung der Rechtecke und Pfeile geben die Stromrichtung an); untere Zeile: Zeitmarken je 3 Sekunden. *Aufsteigende* Durchströmung führt zur Verlängerung des Wurmes (Erregung der Ringmuskelneurone), *absteigende* zur Verkürzung (Erregung der Längsmuskelneurone). [Aus SCHEMINZKY (18).]

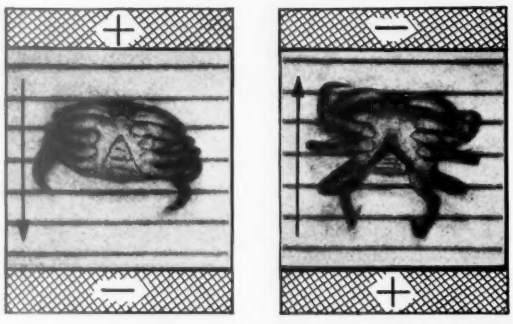


Fig. 11. *Galvanonarkose* (links) und *galvanischer Krampf* (rechts) bei der Strandkrabbe (Carcinus maenas). In beiden Stromrichtungen läßt sich das Tier auf den Rücken legen, im ersten Fall infolge der Lähmung, im zweiten wegen der allgemeinen Muskelanspannungen. Schraffierte Felder und Pfeile wie bei Fig. 8. Stromdichte im Flüssigkeitsbecken 81,6 μA/qmm. [Aus SCHEMINZKY (18).]

Eine ganz ähnliche Reaktion bei Würmern war aus Versuchen von MOORE (19, 20) bekannt. Mit angelegten Pinselelektroden galvanisch längsdurchströmte Regenwürmer *verlängern* sich bei *aufsteigender* Stromrichtung, *verkürzen* sich dagegen bei *absteigender*. Da nach Entfernung des Bauchmarkes die Reaktion auf den Strom verschwindet, muß also die aufsteigende Stromrichtung die *Neurone der Ringmuskeln*, die *absteigende* die *Neurone der Längsmuskeln* in Erregung versetzen. In unseren Versuchen (18, 21) konnten — unter Aufzeichnung der Wurmlänge auf einem Kymographion — die Befunde von MOORE bestätigt (Fig. 10), darüber hinaus jedoch noch andere Reaktionsmöglichkeiten gefunden werden; immer aber war die von der *einen* Stromrichtung im Bauchmark ausgelöste Funktionsbeeinflussung *entgegengesetzt* zu der von der *anderen* Stromrichtung hervorgebrachten.

Auch bei *Krebsen* wurde Umkehr der Funktionsbeeinflussung im ZNS. bei Richtungsumkehr des Stromes gefunden (22). Die Strandkrabbe z. B. läßt sich im Versuch von Fig. 11 bei *absteigender* Stromrichtung auf den Rücken drehen und bleibt mit an den Körper angezogenen Gliedmaßen ruhig und ohne Bestreben zu einer Lagekorrektur während der Dauer des Stromflusses liegen (GN.). Bei *aufsteigender* Stromrichtung kann zwar gleichfalls ein Verharren in Rückenlage erzwungen werden; da die Beine sich aber dabei in einer ausgesprochenen Zwangslage mit deutlich erkennbaren Muskelspannungen und in dauernder Unruhe befinden, liegt hier ein allgemeiner Erregungszustand vor, der dem g. Kr. des Frosches gleicht und jeden Umdrehversuch der Strandkrabbe hindert. Gleiche Beobachtungen liegen auch für andere Krebse vor (22).

8.

Bei den *Wirbeltieren* zeigt sich so wie beim Frosch eine GN. im absteigenden, ein g. Kr. oder — bei schwächeren Strömen — bloß eine Erregbarkeitssteigerung im aufsteigenden Strom.

Fische, *Fischembryonen*, *Molche* und *Kaulquappen* lassen die Lähmung bzw. Erregung je nach der Stromrichtung bereits durch ihr Allgemeinverhalten während der Durchströmung erkennen. Außerdem konnte so wie beim Frosch festgestellt werden, daß Vorbehandlung der Tiere mit kleinen Mengen zentral *lähmender* Mittel die Stromdosis für die GN. *senkt*, die Schwellenstromdosis für den g. Kr. dagegen *erhöht*, während zentral *erregende* Pharmaka gerade den umgekehrten Einfluß ausüben (6, 8, 9).

Für das Rückenmark des *Hundes* haben ältere Beobachtungen von ONIMUS und LEGROS (23) bereits den Nachweis einer gleichartigen Reaktion erbracht; bei an einer Art von Chorea erkrankten Tieren mit spontanen rhythmischen Bewegungen der Beine konnten diese Forscher die Ausschläge fortlaufend vor, während und nach der galvanischen Durchströmung ähnlich unserem Reizverfahren aufzeichnen. In einem solchen Versuch ist nach Kurve *A* von Fig. 12 das *Kleinerwerden* der

Beinbewegungen während *absteigender* Durchströmung (von ↙ bis Ø) deutlich zu erkennen, ebenso im Kurvenzug *B* die Verstärkung der Beinbewegung bei *aufsteigender* Stromrichtung (von ↗ bis Ø). Ganz ähnlich wie beim Frosch wird auch im Versuch von Fig. 12 *A* die Lähmung nach der Stromausschaltung von einer Erregbarkeitssteigerung, die Erregbarkeitserhöhung im Versuch von Fig. 12 *B* von einer geringen Erregbarkeitsherabsetzung gefolgt.

Daß schließlich auch für das Rückenmark des *Menschen* die gleichen Gesetze gelten, zeigt Fig. 13. Hier wurde zum Nachweis einer entgegengesetzten Funktionsverschiebung im ZNS. das Reizverfahren herangezogen, wobei durch rhythmische mechanische Schläge gegen die Kniesehne fortlaufend der Kniesehnenreflex in 3-Sekunden-Abständen zur Auslösung kam. Die im Versuchsabschnitt *A* mit einer gewissen mittleren Größe verzeichneten Ausschläge des Beines werden mit Einsetzen einer *absteigenden* Durchströmung bei *B* vorübergehend *größer* (Excitationsstadium, vom Frosch her bereits bekannt), um dann bei *C* aber gänzlich zu verschwinden (GN. des Rückenmarkes); die *aufsteigende* Durchströmung ruft dafür durch Erregbarkeitssteigerung im Rückenmark (Vorstufe des g. Kr.) bei *F* eine ganz bedeutende *Verstärkung* des Reflexes hervor. Ganz entsprechend den Froschversuchen wird ferner auch beim Menschen beobachtet, daß die Lähmung (*C*) nach Ausschaltung des absteigenden Stromes vorübergehend in eine Erregbarkeitssteigerung (*D*) umschlägt, die Erregbarkeitssteigerung im aufsteigenden Strom (*F*) dagegen in eine Lähmung (*G*) (24).

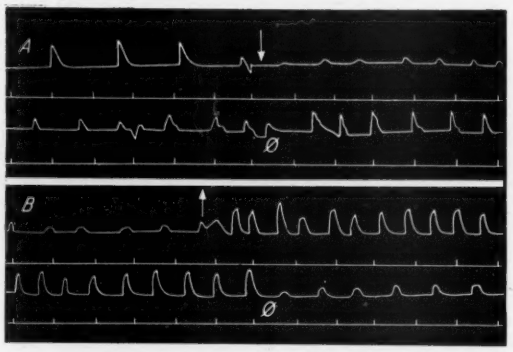


Fig. 12. Wirkung des *absteigenden* und *aufsteigenden* Stromes auf spontane choreatische Bewegungen beim Hunde; aufgezeichnet vom Hinterbein mit einem Verfahren ähnlich Fig. 5 (jedoch *ohne* zusätzliche Rückenmarksreizung). Obere Zeile: Ausschläge eines Hinterbeines; untere Zeile: Zeitmarken je 5 Sekunden. Versuchsverlauf in Kurve A: Spontane Bewegungen des Hinterbeines — Verkleinerung der Ausschläge (Galvanonarkose) während der *absteigenden* Durchströmung (von ↙ bis ∅) — Rückkehr zur früheren Größe der Beinausschläge nach Stromausschaltung. Versuchsverlauf in Kurve B: Spontane Ausschläge des Hinterbeines — Vergrößerung der Ausschläge (Erregbarkeitssteigerung im Rückenmark) während der *aufsteigenden* Durchströmung (von ↗ bis ∅) — Rückkehr zur früheren Größe der Beinausschläge nach Stromausschaltung. [Aus SCHEMINZKY (18) nach ONIMUS und LEGROS (23) unter Eintragung der Hinweisvermerke und der Zeitschreibung in die Kurve.]

9.

Die vorstehend gebrachten Beispiele zeigten, daß die Reaktion verschiedener ZNS. auf den galvanischen Strom sich wesentlich von der einfachen polaren Stromwirkung bei der Galvanotaxis oder den Permeabilitätsänderungen, der Muskelerregung usw. unterscheidet; während im ersten Fall die Reaktion mit Stromrichtungsumkehr antagonistisch verändert wird, bleibt sie im zweiten grundsätzlich gleich. Wohl sind auch die GN. und der g. Kr. sowie die Erregung der Neurone für die Längs- bzw. Quer- oder Ringmuskeln auf eine polare Stromwirkung zurückzuführen, doch muß daneben noch eine besondere *Struktureigentümlichkeit* des ZNS. vorhanden sein, die das schon eingangs genannte biologische Problem darstellt.

Bei der Durchströmung eines *zusammengesetzten Gewebes*, wie z. B. des ZNS., sind nicht etwa die Stellen des äußeren Stromeintrittes bzw. -austrittes am Organ die Orte der eigentlichen Stromwirkung; diese werden vielmehr, wie schon erwähnt, durch die Stromeintritts- bzw. -austrittsstellen an den *einzelnen reagierenden Gewebselementen* dargestellt, die man auch innere oder „physiologische Elektroden" nennt. Beim Rückenmark, Bauchmark oder Radialnerven sind aller Wahrscheinlichkeit nach die vom Strom beeinflußten Elemente in den *Nervenzellen* zu suchen. Der besondere Bau der Nervenzellen bedingt nun, daß es nicht gleichgültig ist, an welcher Stelle der Zelloberfläche die „physiologischen Anoden oder Kathoden" jeweils liegen.

Die „physiologischen Elektroden" lassen sich an geeigneten Modellobjekten leicht sichtbar machen. Wie schon erwähnt, führt der galvanische Strom am Forellenei, einem graugelben durchscheinenden Kügelchen von etwa 5—6 mm Durchmesser, eine Permeabilitätssteigerung herbei. Die sonst im Eiinneren gefangenen Salze können nunmehr durch die Membran in das umgebende Wasser austreten, wodurch dem Globulin des Eidotters die Lösungsbedingungen entzogen werden; daraufhin setzt im Eiinneren eine Globulinfällung unter Weiß- oder Opakwerden der ganzen Kugel ein. Wie Fig. 14 zeigt, *beginnt* diese Globulinfällung bei allen in einem Wasserbecken hintereinander angeordneten Forelleneiern *streng polar an dem gegen die Anode gerichteten Polfeld*; dies deshalb, weil unter bestimmten Bedingungen am vorliegenden Modellobjekt die genannte Permeabilitätswirkung

nur an der Eintrittsstelle der Stromlinien in das Ei zustande kommt (25, 26, 27, 28). Die am Beginn der Durchströmung auftretenden weißen Polfelder machen also die Lage der *„physiologischen Anode"* sichtbar; die am entgegengesetzten Eipol liegende Stromaustrittsstelle („physiologische Kathode") wird an diesem Versuchsobjekt allerdings nicht erkennbar. Für den Durchströmungserfolg im vorliegenden Fall, nämlich die Globulinfällung, ist nun die Stromrichtung *gleichgültig*, weil alle Oberflächengebiete der Eimembran *untereinander gleichwertig* sind; unabhängig von der Lage der anodischen Polfelder — z. B. am *unteren* Eipol bei umgekehrter Stromrichtung oder links bzw. rechts bei einer queren Durchströmung der Eier in der Versuchsanordnung von Fig. 14 — kommt schließlich doch immer nur ein Weißwerden des *ganzen* Eies infolge des Verlustes *aller* Salze zustande.

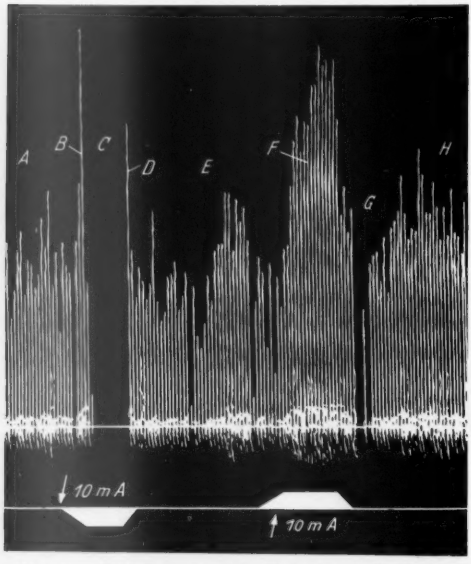


Fig. 13. *Beeinflussung des Kniesehnenreflexes* beim Menschen durch galvanische Durchströmung des Rückenmarkes. Obere Zeile: Ausschläge des mechanisch gereizten Beines; untere Zeile: Verlauf des galvanischen Stromes (Bedeutung der Trapeze, der Pfeile und Zahlen wie in Fig. 6). Versuchsverlauf: *A* Ausschläge des unbeeinflußten Reflexes; *B* Steigerung des Reflexes beim Einschleichen des *absteigenden* Stromes (Excitationsstadium); *G* Verschwinden des Reflexes (Galvanonarkose des Rückenmarkes) während der absteigenden Durchströmung; *D* schnell vorübergehende Vergrößerung der Ausschläge nach Stromausschaltung als *Nachwirkung*; *E* wie *A*; *F* Verstärkung des Reflexes während *aufsteigender* Durchströmung als Folge der Erregbarkeitserhöhung im Rückenmark; *G* Aussetzen des Reflexes nach Stromausschaltung als *Nachwirkung*; *H* wie *A*. [Aus HOLZER und SCHEMINZKY (24).]

Ganz anders liegen die Verhältnisse etwa bei einer Nervenzelle, welche an ihrer Oberfläche mindestens eine in besonderer Art ausgezeichnete Stelle besitzt: den Abgangsort des Nervenfortsatzes; an diesem Ort fließen die Erregungen aus dem Zellkörper in den Nervenfortsatz hinüber und durch diesen wieder zu anderen Zellen oder in die Peripherie hinaus. Wird — wie vom peripheren Nerven her bekannt — angenommen, daß die eine der physiologischen Elektroden, z. B. die Anode, den Erregungsaustritt aus der Zelle blockiert, die andere dagegen den Erregungsaustritt *erleichtert*, dann kann es für die Zellfunktion *nicht mehr gleichgültig* sein, ob sich im Bereich des Nervenfortsatzaustrittes gerade die physiologische Anode oder die physiologische Kathode befindet; in diesem Fall müßte Umkehr der Stromrichtung, also *Umpolung der physiologischen Elektroden, auch mit entgegengesetzter Funktionsbeeinflussung der Zelle verbunden* sein.

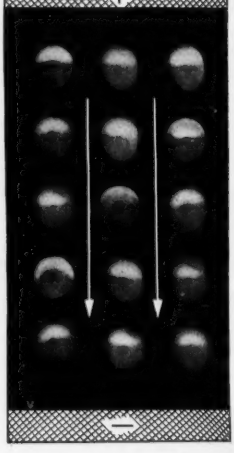


Fig. 14. Sichtbarmachen der „physiologischen" Anode an hintereinander in einem Wasserbecken angeordneten Forelleneiern durch den anodisch beginnenden Globulinausfall im Ei (weiße anodische Polfelder). Die doppelt schraffierten Felder oben und unten stellen die Lage der „physikalischen" Elektroden dar, welche den Strom dem Wasserbecken zuführen; die Pfeile geben die Stromrichtung an. Stromdichte im Wasserbecken: 2 μA/qmm. Das Bild stellt den Zustand bald nach *Beginn* der Durchströmung dar; in einem *späteren* Zeitpunkt hat sich die Globulinfällung vom anodischen Polfeld aus über das *ganze* Ei ausgebreitet, da schließlich *alle* Salze in der anodisch durchlässig gewordenen Membranregion aus dem Ei ausströmen.

Die angenommene Übertragungsblockierung bzw. Übertragungserleichterung vom Zellkörper gegen den Nervenfortsatz kann natürlich nur stattfinden, wenn das anodische oder kathodische Polfeld an der Nervenzelle annähernd mit dem Abgang des Nervenfortsatzes zusammenfällt; dies setzt wieder voraus, daß diese Nervenzelle in der *Richtung der Stromlinien ausgerichtet* ist. Da Umkehr der Stromrichtung nur bei *Längs*durchströmung z. B. des Rückenmarkes zur entgegengesetzten Funktionsänderung führt, müssen die betrachteten Nervenelemente also annähernd in die *Längsrichtung* dieses Organs gestellt sein. Da der galvanische Strom ferner in *allen* Segmenten des

Froschrückenmarkes die *gleichen* Lähmungs- oder Erregungserscheinungen hervorbringt, setzt dies gleichartige Einstellung aller beeinflußten Nervenzellen in der *ganzen Länge des Rückenmarkes* voraus. Beim Zustandekommen der antagonistischen Beeinflussung der *Rückenmarkstätigkeit* je nach der Stromrichtung müssen also *vier* Faktoren zusammenspielen: die an den Polfeldern entgegengesetzten physikalisch-chemischen Stromwirkungen; das Vorhandensein von Gewebsbausteinen mit differenzierten Polen, d. h. von polarisierten Elementen; die Ausrichtung dieser Elemente in der Längsachse des Rückenmarkes; schließlich das gleichartige Bestehen dieser gerichteten Einstellung in allen Segmenten. Ein ähnlicher Feinbau müßte auch im *Bauchmark der Krebse* vorausgesetzt werden. Ebenso müßten die Nervenzellen der antagonistischen Muskeln im *Bauchmark der Würmer* oder in den *Radialnerven der Seesterne* in Längsrichtung gestellt, gegeneinander jedoch um 180° verdreht sein; dann würde je nach der Stromrichtung diejenige der „physiologischen Elektroden", welche den Erregungsaustritt aus der Nervenzelle erleichtert, die Funktion der Längsmuskelneurone bzw. die Funktion der Ring- oder Quermuskelneurone in Gang setzen.

Die Deutung des elektrophysiologischen Versuches führt also zwangsläufig zu bestimmten Vorstellungen über den Feinbau im ZNS., wirft also ein dem Anatomen bzw. Histologen bisher noch gar nicht untergekommenes Strukturproblem auf. Da für die angenommene Polarisierung im ZNS. die morphologischen Unterlagen bisher noch fehlen und sich diese Polarität vorläufig nur in der *Funktion* nachweisen läßt, hat SCHEMINZKY (29, 30, 31) die Bezeichnung *„funktionelle Polarität* im ZNS." vorgeschlagen. In allgemeinster Fassung kann dann immer von einer solchen gesprochen werden, wenn bei galvanischer Durchströmung die *Funktion des ZNS. mit Umkehr der Stromrichtung nach der entgegengesetzten Seite verschoben wird.*

Besonders eindrucksvoll tritt diese „funktionelle Polarität" im Froschrückenmark bei der Aufnahme von Stromdosiskurven für das gleiche Pharmakon in gleicher Dosierung mit *beiden* Stromrichtungen hervor. Wird, wie im Versuch Fig. 15, z. B. die Schwellenstromdosis für die GN. im absteigenden und für den g. Kr. im aufsteigenden Strom nach Injektion eines zentral lähmenden Mittels fortlaufend bestimmt, so werden vollkommen *spiegelbildliche* Kurven erhalten (30). Durch das Pharmakon wird die Schwellendosis für den absteigenden Strom in jedem Meßaugenblick im *gleichen Ausmaß* gesenkt, wie sie sich für den aufsteigenden Strom erhöht; die Stromwirkung ist also nach beiden Seiten *quantitativ* gleich und nur durch die *Richtung* der Funktionsänderung unterschieden.

Versuche, die Feinstruktur im ZNS. auf Grund des elektrophysiologischen Versuches bis in Einzelheiten zu entwerfen, sind bereits von LOEB und MAXWELL (32) für Krebse, von BREUER (33) für Fische, von MOORE (20) für den Regenwurm unternommen worden. Da aber heute noch gar nicht bekannt ist, welche der „physiologischen" Elektroden an der Nervenzelle die Übertragungserleichterung und welche die Übertragungsblockierung herbeiführen könnte, ja noch nicht einmal festliegt, welche der vielen im ZNS. vorhandenen Nervenzellen der Angriffsort des galvanischen Stromes sind, kommt solchen Bemühungen nach der Struktur im Einzelfall heute noch keine Bedeutung zu. Das Wesentliche unserer Befunde

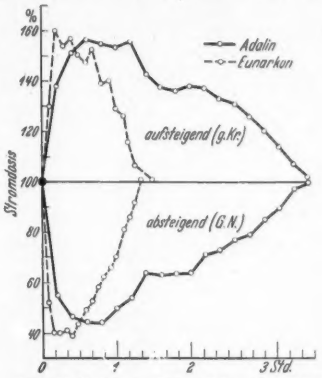


Fig. 15. *Spiegelbildlicher Verlauf der Stromdosiskurven* für die *Galvanonarkose* (*GN.*) und den *galvanischen Krampf* (*g. Kr.*) beim Frosch (Rana esculenta) nach Injektion von zentral lähmenden Stoffen in jeweils gleicher Dosierung. Die Stromwirkung ist in beiden Stromrichtungen quantitativ gleich, nur durch die Richtung der Funktionsänderung im Zentralnervensystem verschieden. [Aus SCHEMINZKY (30).]

scheint mir weniger darin zu liegen, daß bei der einen oder anderen Tiergruppe eine bestimmte Feinstruktur im ZNS. angenommen werden muß, vielmehr im Nachweis, daß eine *„funktionelle Polarität im ZNS." weitverbreitet* ist. Nachdem sie sich von den Seesternen über die Würmer und Krebse bis zu niederen und höheren Wirbeltieren, schließlich auch beim Menschen hat nachweisen lassen, verdient sie als neue Gesetzmäßigkeit der Physiologie des ZNS. eingehendere Beachtung; sie wird die Grundlage dafür sein, nunmehr auch mit den Verfahren der morphologischen Forschung nach dem zu erwartenden Feinbau zu suchen.

Literatur.

1. L. HERMANN, Pflügers Arch. **37**, 457 (1885). — 2. E. BLASIUS u. F. SCHWEIZER, Pflügers Arch. **53**, 527 (1893). — 3. F. K. KÖLLENSPERGER u. F. SCHEMINZKY, Pflügers Arch. **241**, 38 (1938). — 4. FE. u. FR. SCHEMINZKY u. F. BUKATSCH, Elektrotaxis, Elektrotropismus, Elektronarkose und verwandte Erscheinungen. Tabulae biologicae **19** (1941). — 5. R. HELLER, Z. exper. Med. **85**, 299 (1932). — W. ALBRECHT, Z. exper. Med. **93**, 816 (1934). — F. SCHEMINZKY, Sitzgsber. biophys. Ges. Kurzwellenforsch. **1**, 8 (1935). — F. K. KÖLLENSPERGER u. F. SCHEMINZKY, Pflügers Arch. **241**, 38 (1938). — F. SCHEMINZKY, M. G. FUORTES u. F. K.

Köllensperger, Pflügers Arch. **242**, 126 (1939). — 6. F. Scheminzky, Pflügers Arch. **202**, 200 (1924). — 7. F. Scheminzky, Pflügers Arch. **243**, 439 (1940). — 8. P. Adler, Pflügers Arch. **230**, 113 (1932). — 9. H. Kraus u. W. Reiffenstuhl, Pflügers Arch. **233**, 380 (1933). — 10. P. Adler u. Cl. Hradecky, Naunyn-Schmiedebergs Arch. **181**, 541 (1936). — 11. P. Adler u. Cl. Hradecky, Klin. Wschr. **1937 I**, 519. — 12. P. Adler u. Cl. Hradecky, Schweiz. med. Wschr. **1938**, 384. — 13. F. Scheminzky, O. Hochstädt u. P. Adler, Pflügers Arch. **237**, 284 (1936). — 14. F. Scheminzky, M. G. Fuortes u. F. K. Köllensperger, Pflügers Arch. **243**, 1 (1939). — 15. F. K. Köllensperger, Pflügers Arch. **243**, 22 (1939). — 16. M. u. L. Lapicque, C. r. Soc. Biol. Paris **130**, 1054 (1939). — 17. G. M. Fuortes u. F. Scheminzky, Pflügers Arch. **242**, 141 (1939). — 18. Fe u. Fr. Scheminzky, Riv. Biol. **31**, 231 (1941). — 19. A. R. Moore, Biol. Bull. **30**, 131 (1916). — 20. A. R. Moore, J. gen. Physiol. **5**, 453 (1923). — 21. F. Halbich, Z. vergl. Physiol. **27**, 606 (1940). — 22. F. Scheminzky, Pflügers Arch. **237**, 273 (1936). — 23. L. Onimus et Ch. Legros, Traité de l'électricité médicale. Paris: Alcan 1888. — 24. W. Holzer u. F. Scheminzky, Z. Biol. **101**, 101 (1943). — 25. F. Scheminzky, Biochem. Z. **132**, 154 (1922). — 26. F. Scheminzky u. F. Gauster, Arch. mikrosk. Anat. u. Entw.mechan. **101**, 1 (1924). — 27. Fe. u. Fr. Scheminzky, Pflügers Arch. **232**, 808 (1933). — 28. W. Holzer, Pflügers Arch. **232**, 835 (1933). — 29. F. Scheminzky, 16. Internat. Physiol. Kongr. (Zürich) 1938. Kongreßber. **1938 II**, 331. — 30. F. Scheminzky, Pflügers Arch. **243**, 439 (1940). — 31. Fe. u. Fr. Scheminzky, Riv. Biol. **31**, 231 (1941). — 32. J. Loeb u. S. S. Maxwell, Pflügers Arch. **63**, 121 (1896). — 33. J. Breuer, Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl. **3**, 114 (1905).

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Eine neue natürliche α-Strahlung.

Wir konnten vor kurzem zeigen[1]), daß Abweichungen vom theoretischen Anstieg der weichen β-Strahlung der kurzlebigen Folgeprodukte der Radiumemanation innerhalb der erreichbaren Meßgenauigkeit nicht auftreten und somit eine β-Strahlung des Radium A in der von W. Minder[2]) behaupteten Größenordnung nicht vorhanden ist. Durch dieses Versuchsergebnis ist aber selbstverständlich ein dualer Zerfall von Radium A von bedeutend kleinerem Abzweigungsverhältnis nicht ausgeschlossen. Da hierfür Folgerungen sprechen, die sich aus der Betrachtung gewisser Gesetzmäßigkeiten unter den schweren Kernen ergeben[3, 4]), so haben wir die Frage von anderer Seite her weiter verfolgt. Wir gingen dabei von folgender Überlegung aus: Eine β-Umwandlung von Radium A würde zu einem Isotop des Elementes 85 von der Massenzahl 218 führen. Dieser Kern ist, soweit Interpolationen zwischen den bisher bekannten α-Strahlern erlaubt sind, als sehr α-instabil zu erwarten[5]). Es bestand also die Hoffnung, die zu Element 85 gehörige entsprechend energiereiche Strahlung auch bei kleinem Abzweigungsverhältnis zu finden, vorausgesetzt, daß man mit intensiven Radium A-Präparaten so rasch arbeiten würde, daß zur Zeit der Beobachtung erst ganz geringe Mengen von Radium C′ angewachsen sind. Wir stellten zunächst nach der Methode der elektrischen Aktivierung[6]) durch ganz kurze Exposition (10—15 Sekunden) in großen Emanationsmengen (einige 100 Millicurie) Radium A-Präparate her, die gleich nach der Herstellung mittels Ionisationskammer, angeschlossen an ein 4stufiges Röhrenelektrometer[12]) und Schleifenoszillographen, nur auf jene α-Strahlen hin untersucht wurden, die über die Reichweite des Radium A (R_{15} = 4,67 cm) hinausreichen. Neben der rasch anwachsenden Gruppe der Radium C′-α-Strahlen fanden wir noch eine zweite Gruppe von α-Strahlen von etwa 5,5 cm Reichweite, die wir im folgenden dann, ausgehend von starken Emanationspräparaten*) und unter variierten geometrischen Bedingungen, genauer quantitativ untersuchten. Fig. 1 zeigt eine in bekannter Weise hergestellte Stoßgrößenstatistik einer Aufnahme am Schleifenoszillographen. Die Verwendung von Emanation als Ausgangselement an Stelle von Radium A hat zunächst den Vorteil durch das weitere rasche Anwachsen des Radium A, hinter dem das Radium C′ stark zurückbleibt, ein noch günstigeres Verhältnis der Anzahl der α-Strahlen aus Element 85 zu den Radium C′-Strahlen zu bieten, vor allem aber gestattet sie eine viel genauere Berechnung des zeitlichen Verlaufes, da all die Ungenauigkeiten der Ausgangsverhältnisse, die bei elektrischer Abscheidung des aktiven Niederschlages auftreten, wegfallen. Schließlich aber ermöglicht sie ein bedeutend rascheres Arbeiten, so daß bereits nach etwa einer halben Minute eine Aufnahme am Schleifenoszillographen gemacht werden konnte. Fig. 2 zeigt eine andere Stoßgrößenstatistik zu einem späteren

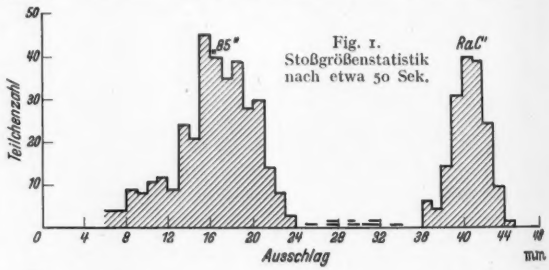


Fig. 1. Stoßgrößenstatistik nach etwa 50 Sek.

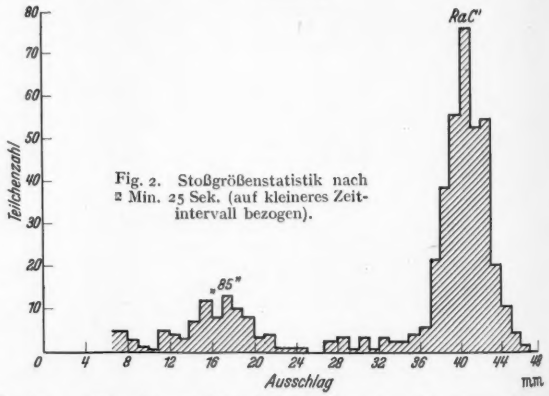


Fig. 2. Stoßgrößenstatistik nach 2 Min. 25 Sek. (auf kleineres Zeitintervall bezogen).

*) Die Emanation (~100 MC) wurde zu diesem Zweck in hochgereinigtem Zustand mittels Quecksilber in eine Kapillare gedrückt, die mit einem dünnen Glimmer verschlossen war.

Zeitpunkt. Ein Kontrollversuch mit einem Radium B-C-Präparat nach Abklingen des Radium A ergab nur die RaC′-Gruppe.

Wir bildeten nun das Verhältnis der Teilchenzahl der neuen Strahlung zu den Radium C′-Teilchen zu verschiedenen Zeitpunkten. Fig. 3 zeigt, daß es sich sehr ähnlich verhält dem genau berechenbaren Verhältnis[7]) der Radium A-Strahlen zu den Radium C′-Strahlen, ein genauer Vergleich*) aber ergibt eine Abweichung, die durch eine in den Sekunden liegende Halbwertszeit von Element 85 gedeutet werden kann, so daß dieses in der Bildung hinter dem Radium A etwas zurückbleibt.

Aus Fig. 3 läßt sich auch das Abzweigungsverhältnis bestimmen. Wenn Gleichgewicht zwischen Element 85 und Radium A eingetreten ist, gilt $V = \frac{\text{„85“}}{\text{RaC′}} / \frac{\text{Ra A}}{\text{RaC′}}$. Es ergibt sich zu $4 \cdot 10^{-4}$. Dieser Wert steht wohl in ganz gutem Einklang mit der groben Schätzung von $5 \cdot 10^{-3}$,

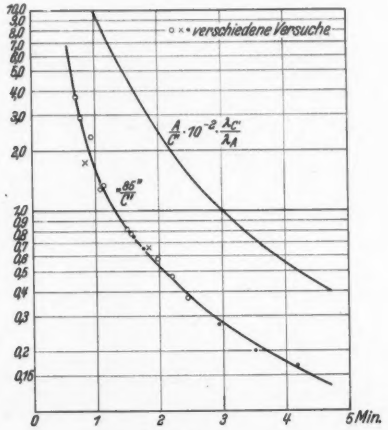


Fig. 3.

auf die L. A. Turner[3]) aus der Betrachtung der β-Instabilität verwandter Kerne schließt.

Aus der Stoßgrößenstatistik läßt sich unter genauer Berücksichtigung der Absorptionsverhältnisse mit Hilfe der Beziehung zwischen Ionisation und Reichweite für den Einzelstrahl[8]) die Reichweite der neuen Strahlung berechnen. Sie ergibt sich zu 5,53 cm. Die entsprechende Energie[9]) beträgt $6{,}6_3$ MeV, bzw. die gesamte Zerfallsenergie $6{,}7_5$ MeV. Aus der Geiger-Nutallschen Beziehung würde sich daraus eine Halbwertszeit in der Größenordnung von Sekunden ableiten, was mit unseren Beobachtungen im Einklang steht. Die α-Strahlung scheint komplex.

Wenn man das Diagramm betrachtet, in dem die Energien aller bisher bekannten α-Strahler als Funktion der Massenzahlen eingetragen sind, so läßt sich bekanntlich eine Kurvenschar konstruieren, deren Parameter die Ordnungszahlen sind[10]). Trägt man den von uns gefundenen Wert von 6,75 MeV bei der Massenzahl 218 ein, so fällt er sehr befriedigend zwischen die Kurven für die Ordnungszahlen 84 und 86[11]). Dies stellt eine weitere Stütze für unsere Deutung der neuen Strahlung dar, bzw. wird das genannte Diagramm um einen Punkt bereichert, was in Anbetracht der relativ geringen Zahl von α-Strahlern nicht unwesentlich ist, insbesondere, da es sich hier um den ersten Punkt der Kurve von der Ordnungszahl 85 handelt.

Schließlich sei noch betont, daß die vorliegenden Versuche eine Bestätigung unserer früheren Ergebnisse darstellen. Ein Abzweigungsverhältnis von $4 \cdot 10^{-4}$ bedingt eine β-Strahlung des Radium A, die — gleiches Ionisationsvermögen wie für die Radium B-Strahlung vorausgesetzt — nur 2 % des Effektes von Minder betragen würde, eine Größe, die, wie wir seinerzeit feststellten, auf dem angegebenen Wege nicht mehr erfaßt werden kann.

Eine ausführliche Arbeit erscheint in den Wiener Berichten (Mitt. d. Radium-Inst.).

Für freundliche Hilfe bei den Aufnahmen danken wir Herrn Dr. K. Lintner herzlich.

Wien, Institut für Radiumforschung der Akademie der Wissenschaften, den 12. April 1943.

Berta Karlik. Traude Bernert.

*) Die Meßpunkte nach einigen Minuten erfahren noch eine kleine Korrektur[11]).

[1]) B. Karlik, T. Bernert, Naturwiss. **30**, 685 (1942).
[2]) W. Minder, Helvet. phys. Acta **13**, 144 (1940).
[3]) L. A. Turner, Physic. Rev. **57**, 157, 950 (1940).
[4]) W. Minder, Helvet. phys. Acta **11**, 497 (1938).
[5]) Vgl. z. B. C. F. v. Weizsäcker, Die Atomkerne. Leipzig 1937.
[6]) Siehe z. B. E. Bussecker, Wien. Ber. **137**, 117 (1928).
[7]) Vgl. z. B. Meyer-Schweidler, Radioaktivität, 2. Aufl., S. 437. Leipzig 1927.
[8]) G. Stetter, W. Jentschke, Physik. Z. **36**, 441 (1935).
[9]) M. St. Livingston, H. A. Bethe, Rev. mod. Phys. **9**, 245 (1937).
[10]) J. Schintlmeister, Österr. Chemiker-Zeitung **1938**, Nr 17. Vgl. auch: St. Meyer, Wien. Ber. **141**, 71 (1932).
[11]) Siehe die ausführliche Mitteilung.
[12]) G. Ortner, G. Stetter, Wien. Ber. **142**, 485 (1933).

Zur Frage der Lipoidnatur des Antithrombins.

Nach früheren Arbeiten von Quick sowie Wöhlisch und Grüning mußte das Serumantithrombin als ein Albumin oder zumindest als eine Fraktion des Albuminkomplexes angesehen werden. Entsprechend späteren Ergebnissen von Wöhlisch und Köhler (1) (2), Astrup und Darling sowie Chargaff, Ziff und Moore gewann diese Auffassung erhöhte Wahrscheinlichkeit. An Hand eigener Versuche wurde nachgewiesen, daß die antithrombische Wirkung lediglich an eine bestimmte Fraktion des Serumalbumins gebunden ist. Diese läßt sich durch Zusatz von 45 % Ammonsulfat zur Ausfällung bringen. Die übrigen Fraktionen besitzen keine antithrombische Fähigkeit. Das von Wöhlisch und Köhler (2) erkannte Verschwinden der antithrombischen Wirkung des Serumalbumins nach Ausschütteln mit Äther wird bestätigt. Gelegentliche Reste des Extraktionsmittels in dem Serumalbumin haben auf den Ablauf der Gerinnung weder im beschleunigenden noch im hemmenden Sinne einen Einfluß. Nach Schütteln des Serumalbumins mit Äther oder Chloroform wird aus dem Extraktionsmittel ein Stoff isoliert, der die volle Antithrombineigenschaft besitzt. Es handelt sich dabei um einen Fett- bzw. Lipoidkörper. Durch Erwärmung auf über 50 °C während 10 Minuten verliert er seine Aktivität. Es wird die Schlußfolgerung gezogen, daß das Antithrombin kein Protein, sondern ein Fett oder Lipoid oder zumindest mit einem derartigen Körper eng verbunden ist.

Würzburg, Physiologisches Institut der Universität, den 12. April 1943. Werner Grüning, z. Z. im Felde.

Literatur.

T. Astrup u. S. Darling, Naturwiss. **29**, 300 (1941). — E. Chargaff, M. Ziff u. D. H. Moore, J. of biol. Chem. **140**, Proc. 25. — A. J. Quick, Amer. J. Physiol. **123**, 712 (1938). — E. Wöhlisch u. W. Grüning, Biochem. Z. **305**, 183 (1940). — E. Wöhlisch u. V. Köhler, (1) Naturwiss. **28**, 550 (1940) — (2) Biochem. Z. **311**, 408 (1942).

Ein biologischer Nachweis der Exhalation von Erdöl.

Wenn auch die Lehre von der Bodenstetigkeit der Flora manche Wandlung durchgemacht und Einschränkung erfahren hat, so ist es doch unbestreitbar, daß die chemisch-physikalische Struktur des oberflächennahen Untergrundes in der Eigenart und Zusammensetzung seiner Pflanzendecke widergespiegelt wird[1]). Das Vermögen vieler Pflanzen und Pflanzenteile, Metalle aufzuspeichern, haben Bergleute und Geologen erkannt und benutzt, indem sie bestimmte Pflanzen-

vorkommen bzw. deren Gehalt an gewissen Spurenelementen (z. B. Au, Pb) mit entsprechenden Lagerstätten in Verbindung brachten[2]). Andererseits sucht die angewandte Geophysik schon lange ein brauchbares Verfahren, um Kohlenwasserstoffe, die aus einer Lagerstätte durch das Deckgebirge an die Erdoberfläche gelangt sind, nachzuweisen und möglichst quantitativ zu bestimmen[3]). Fast überall werden jedoch im Erdboden nahe der Erdoberfläche Kohlenwasserstoffe angetroffen, meist unabhängig davon, ob ein größeres Erdölvorkommen in der Nähe vorhanden ist oder nicht. So entsteht z. B. Methan beim Zerfall organischer Substanz. Die tatsächlichen Wirkungen der Lagerstätten sind deshalb meist überlagert oder können nicht festgestellt werden.

In Zusammenarbeit mit dem Botanischen Institut der Tierärztlichen Hochschule in Hannover unter Mitwirkung von S. Strugger und C. Rouschal ist es gelungen, eine eindeutige pflanzenbiologische Reaktion auf die Exhalation von in Norddeutschland erbohrtem Rohöl festzustellen. Ausgegangen wurde von den bekannten Arbeiten von Molisch[4]) und anderen Autoren[5, 6]) über die Einwirkung sehr geringer Mengen (0,005—0,0005 %) Äthylen und anderen homologen Verbindungen auf Keimlinge von Leguminosen und anderen Pflanzen. Während Versuchsreihen mit Wasserstoffgas, Methan und anderen gesättigten Kohlenwasserstoffen, die in Boden und Biosphäre vorkommen, negativ verliefen, zeigten Verunreinigungen der Luft oder des Pflanzenbodens durch kleine Mengen von Erdölgasen charakteristische Erscheinungen wie Wachstumshemmungen, gesteigertes Dickenwachstum, Epinastie von Blättern. Diese festgestellten spezifischen Reaktionen müssen auf ein bislang allerdings noch nicht allgemein bestätigtes Vorkommen von Äthylen oder anderer Olefine im Erdöl[7]) zurückgeführt werden. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Hannover, Seismos-Gesellschaft zur Erforschung von Gebirgsschichten und nutzbaren Lagerstätten, den 3. April 1943. v. Thyssen-Bornemisza.

[1]) St. v. Thyssen-Bornemisza, Beitr. angew. Geophysik **10**, 35 (1942).
[2]) K. Rankama, Geol. Rdschau **32**, 573 (1941).
[3]) St. v. Thyssen-Bornemisza, Öl u. Kohle **38**, 555 (1942).
[4]) H. Molisch, Der Einfluß einer Pflanze auf die andere. Jena 1937.
[5]) W. Grocker, Proc. amer. philos. Soc. **71**, 5 (1932).
[6]) D. Michener, Amer. J. Bot. **25**, 711 (1938).
[7]) E. Blumer, Die Erdöllagerstätten, S. 22. Zürich 1922.

Eine neue Methode zur Vitalbeobachtung der Mikroorganismen im Erdboden.

Die Bakterien im Boden direkt mikroskopisch zu beobachten, ist schon lange das Ziel der Bodenmikrobiologie. Insbesondere Conn[1, 2]) und Winogradsky[10]) haben durch Färbung von fixierten Erdausstrichen mit sauren Anilinfarben (Erythrosin und Bengalrosa) einen Weg gewiesen, um die Bakterienflora im Boden quantitativ zu erfassen. Dabei können die Bakterien aber nicht im lebenden Zustande beobachtet werden.

Die von S. Strugger[6, 7, 8, 9]) ausgearbeitete Akridinorange-Vitalfärbemethodik zur Unterscheidung von lebenden und toten Bakterien erwies sich als vortrefflich geeignet, die Bodenbakterien durch direkte fluoreszenzmikroskopische Untersuchung von Bodensuspensionen weitgehendst sichtbar zu machen. Da die meisten Bodenteilchen mit Humusschichten belegt sind, färben sie sich mit Akridinorange infolge ihrer stark negativen Ladung kupferrot bis rotbraun. Dadurch bekommen wir das folgende Bild einer Fluoreszenzfärbung von Bodenaufschwemmungen: Die meisten Bodenteilchen leuchten in roter bis rotbrauner Fluoreszenzfarbe. Auf ihnen sitzen die grellgrün leuchtenden lebenden Bakterien. Auch die toten Bakterien heben sich durch ihre stärkere kupferrote Fluoreszenz noch ab. Die Durchführung einer solchen Färbung geschieht folgendermaßen: Die Erde wird fein gesiebt und in eine Akridinorangelösung (Hollborn & Söhne, Leipzig) 1:5000 in Leitungswasser geschüttelt. *Es empfiehlt sich, die Akridinorangelösung im Überschuß zu verwenden, da das Wesen der Akridinorangemethodik darauf beruht, im Überschuß zu färben.* Man läßt zweckmäßigerweise die größeren Teilchen zu Boden sinken und nimmt von der noch nicht abgesetzten Suspension mit einer feinen Pipette einen kleinen Tropfen auf einen Objektträger und deckt mit einem Deckglas ab. Die Untersuchung erfolgt mit dem großen Fluoreszenzmikroskop von Zeiß mit den Apochromaten 60 und 120.

Die bisherigen Ergebnisse lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen: Keimarme Böden enthalten die bereits von Winogradsky[10]) beschriebene autochthone Bodenflora. Kleine und kleinste Kokken und sehr kleine Stäbchen (1 μ und weniger) bilden die Hauptmasse. Auf Grund von Kulturversuchen können wir annehmen, daß Sporen in größeren Mengen im Boden enthalten sind. Es ist charakteristisch, daß diese Keime in zooglöa-ähnlichen Haufen auf den Bodenkrümeln sitzen. In keimreichen Erden fanden sich außer diesen kleinen Formen noch größere Stäbchen (1—5 μ), einzeln oder in Ketten, mit oder ohne Sporen, Kokken und Diplokokken in verschiedenster Größe und gelegentlich auch Streptokokken vor. Trommelschlegelformen wurden in der Erde selbst nicht gesehen, wohl aber bilden sie sich in Kulturen. Auch Bodenhefen wurden häufig gefunden. *Die Hauptmasse der Bakterien sitzt auf den Humusteilchen fest und läßt sich auch durch langes Schütteln nicht davon loslösen.* Als wichtigstes Ergebnis erscheint uns die Tatsache, *daß mit der Akridinorangemethodik nur vereinzelt tote Bakterien im Boden festzustellen waren, während die überwiegende Hauptmasse der Bakterien voll lebensfähig ist.* Mit Hilfe von Zählkammern haben wir mit dieser neuen Färbemethodik auch die Keimzahlen pro Gramm frischer Erde ausgezählt. Die Werte bewegten sich im Herbst und Winter in keimarmer Erde um 100 Millionen, während keimreiche Komposterde pro Gramm Frischgewicht 1—1½ Milliarden enthält. Diese Zahlen stimmen im wesentlichen mit den Befunden der direkten Zählungen Conns überein und dürften demnach der Wirklichkeit nahekommen. Der vielfach in der Literatur vorgebrachte Einwand [Fehér[3, 4]) Rippel[5])] gegen die Zählungen Conns und die Schätzungen Winogradskys, daß ihre Werte insofern zu hoch wären, als sie die toten Keime im Boden mitgezählt hätten, ist durch unsere Untersuchungen klar widerlegt, da es sich mit der Akridinorangemethodik gezeigt hat, daß Bakterienleichen in frischen Bodenproben kaum anzutreffen sind. Gegenüber der Plattenzählmethodik ist die Akridinorangefärbetechnik zweifellos ein Fortschritt. Mit den vitalgefärbten Bodenbakterien können ohne weiteres noch Kulturexperimente vorgenommen werden.

Hannover, Botanisches Institut der Tierärztlichen Hochschule und Lehrstuhl für Botanik der Technischen Hochschule, den 12. April 1943.

Christine Rouschal. Siegfried Strugger.

[1]) H. J. Conn, N. Y. Agri. exper. Stat. Geneva N. Y. Techn. Bull. **64** (1918).
[2]) H. J. Conn, J. Bacter. **17** (1929).
[3]) D. Fehér, Arch. Mikrobiol. **3** (1932).
[4]) D. Fehér, Arch. Mikrobiol. **4** (1933).
[5]) A. Rippel, Handbuch der Bodenlehre v. E. Blanck **7**, Kap. C.
[6]) S. Strugger, Dtsch. tierärztl. Wschr. **49** (1941).
[7]) S. Strugger, Berl. u. Münch. tierärztl. Wschr. **33/34** (1942).
[8]) S. Strugger, Flora (Jena) **137**, 1/3 (1943).
[9]) S. Strugger u. P. Hillbrich, Dtsch. tierärztl. Wschr. **50** (1942).
[10]) S. Winogradsky, Ann. Inst. Pasteur **39** (1925); **40** (1926).

Die zwei Regime des elektrischen Lichtbogens und die Temperatur des Bogens.

Der elektrische Lichtbogen zwischen Eisenelektroden kann, nach Fabry und Buisson[1]), unter gewöhnlichem Druck in zwei verschiedenen Regimen, die durch die Potentialdifferenz an den Elektroden sowie durch das spektroskopische Aussehen des Bogens sich unterscheiden, stattfinden. Das erste Regime bleibt für große Stromintensität bei einer kleineren Potentialdifferenz beständig; das zweite bleibt beständig für schwache Stromintensität und bei einer

im Vergleich dem ersten Regime größeren Potentialdifferenz. Der Übergang zwischen diesen Regimen geschieht plötzlich, und kann durch Veränderung des Stromkreiswiderstandes herbeigeführt werden.

Durch spätere Versuche habe ich[2]) gefunden, daß der elektrische Lichtbogen zwischen Zn-, Cd-, Tl-, Mg-, Cu- und Al-Elektroden, unter vermindertem Druck ebenfalls in den zwei Regimen stattfinden kann, die man durch Veränderung der Elektrodenentfernung bekommt, und zwar erhält man das erste Regime (kleineres Potential) durch das Einschieben der Anode in das kathodische Licht, das zweite Regime (höheres Potential) durch Herausziehen der Anode aus dem kathodischen Licht. Im zweiten Regime erscheinen bei der Anode die spektroskopischen Banden des Stickstoffmoleküls, des Wasserdampfs und des Metalls.

Folgende Tabelle enthält das Potential V_1 des ersten Regimes für 3 mm Entfernung der Bogenelektroden und das Potential V_2 des zweiten Regimes für 8—10 mm Entfernung der Elektroden. Der Druck war 1—0,2 mm Hg und die Stromintensität 0,7—1 Amp. im Falle der Zn- und Cd-Elektroden; und in Falle vom Tl-, Mg-, Cu und Al-Elektroden war der Druck 5—1 mm Hg bei 5—6 Amp. Das Potential V_2 im zweiten Regime steigt, wenn die Stromstärke des Bogens vermindert wird; das Potential V_1 im ersten Regime bei kathodischem Licht steigt, wenn die Stromstärke des Bogens gesteigert wird (am wenigsten im Falle des Zn- und Cd-Bogens).

Metall	Potentialdifferenz		
	V_1 Volt	V_2 Volt	$\Delta V = V_2 - V_1$
Zn	8,50	24,50	16
Cd	8,25	24,50	16,25
Tl	7,75	22	14,25
Mg	11,5	21,5	10
Cu	23	35	12
Al	14[1]	40—45	26—31

Die Potentialwerte für Zn und Cd sind immer wiederholbar ohne jegliche Veränderung.

2. Diese Beobachtungen bezüglich der Potentiale der zwei Regime kann man zu erklären versuchen, unter der Annahme, daß die notwendige Potentialdifferenz für das erste Bogenregime gleich dem Ionisierungspotential V_i des Metalls, und für das zweite Bogenregime gleich der Summe $V_i + V_m$ sein muß; hier ist V_i das Ionisierungspotential des Metalls für den kathodischen Fall, und V_m das Ionisierungspotential der Gase der Umgebung für den anodischen Fall des Bogens.

Die Differenz $\Delta V = V_2 - V_1$, gleich 16 Volt für Zn und 16,25 Volt für Cd, entspricht dem Ionisierungspotentiale 15,8 Volt des Stickstoffmoleküls so, daß man annehmen könnte, daß $\Delta V = V_2 - V_1 = V_m$ zu setzen ist. Für eine vollkommene Übereinstimmung muß man außerdem den Abstand der Anode und die Bogenstromstärke in Betracht ziehen. Das erste Regime ist für eine kleinere Potentialdifferenz V_1 als das Ionisierungspotential V_i des Metalls stabil erhältlich. Man könnte die Annahme in Betracht ziehen, daß die Differenz zwischen V_i und V_1 dem der mittleren Translationsgeschwindigkeit der elektrischen Partikel in dem Dampfe des Bogens entsprechenden Potential zuzuschreiben ist. Bezeichnen wir mit V_T dieses Potential, das der Bogentemperatur T_e entspricht, so können wir setzen:

$$(1) \qquad V_i = V_1 + V_T, \text{ oder } V_T = V_i - V_1.$$

Der V_T-Wert hängt von der Temperatur T_e der Bogenelektronen durch die Beziehung ab:

$$(2) \qquad e\,V_T = 3/2\,k\,T_e,$$

wo e die elektrische Ladung eines Elektrons und K die Boltzmannkonstante ($k = R/N$) ist. Mit den Werten $e = 4{,}8 \cdot 10^{10}$ E.S.E., $k = 1{,}37 \cdot 10^{-16}$ erg/grad, und mit 1 Volt = 300 E.S.E., findet man:

Für Zn: $V_i = 9{,}3$ Volt; $V_1 = 8{,}5$ Volt

(1′) $V_T = V_i - V_1 = 0{,}80$ Volt; (2′) $T_e = 7783\,V_T = 6226°\,K.$

Für Cd: $V_i = 9{,}95$ Volt; $V_1 = 8{,}25$ Volt

(1″) $V_T = V_i - V_1 = 0{,}70$ Volt (2″); $T_e = 7783\,V_T = 5448°K.$

Die Temperaturwerte 6226 und 5448° des Zn- und Cd-Bogens, die wir aus der Differenz zwischen dem Ionisierungspotential des Metalls und dem wirklichen Brennpotential des Bogens im ersten Bogenregime unter vermindertem Druck berechnet haben, sind im Einklang mit den anderen Bestimmungen, die mittels elektrischer und spektroskopischer Verfahren ausgeführt wurden, wie bei MANNKOPFF[3]) (6000 bis 8000°), LOCHTE-HOLTGREVEN und MAEKER (6900 bis 7800°), ORNSTEIN (6000—7000) usw.

Jassy (Rumänien), Laboratorium für Elektrizität der Universität, den 28. März 1943. STEFAN PROCOPIU.

[1]) CH. FABRY u. H. BUISSON, J. Physique et Radium (4) 9, 929 (1910) — C. r. Acad. Sci. Paris 146, 1143 (1908).
[2]) ST. PROCOPIU, Ann. Physique (10) 1, 106 (1924).
[3]) R. MANNKOPFF, Z. Physik 86, 161 (1933). — W. LOCHTE-HOLTGREVEN u. H. MAEKER, Z. Physik 105, 1 (1937).

Zur Chemie der orientierten Verwachsung von Kristallen organischer Verbindungen. IV.

Die Fortsetzung der früheren Untersuchungen[1]) führte, von bekannten Molekülverbindungstypen ausgehend, noch zur Auffindung der orientierten Aufwachsung von:

1. Bernsteinsäure, p-Aminobenzoesäure und Pentachlorbenzoesäure auf Alkalihalogeniden, z. B. auf (100) von NaCl, entsprechend dem Molekülverbindungstyp Carbonsäure-Metallhalogenid[2]);

2. p-Oxypyren, p-Nitrophenol und Pentachlorphenol auf (110) von Harnstoff entsprechend dem Molekülverbindungstyp Phenol-Harnstoff[2]);

3. Pentachlorphenol auf (010) von Dioxopiperazin entsprechend dem Molekülverbindungstyp Phenol-Dioxopiperazin[2]), der bekanntlich wegen seiner Beziehung zum Gerbvorgang von Interesse ist;

4. zahlreichen Derivaten des Anthrachinons auf Alkalihalogeniden. Als charakteristische Beispiele seien hier nur herausgegriffen die Aufwachsung von 1-Oxy-, 1,2-Dioxy-, 1-Amino-, 1-Chlor- und 2-Methylanthrachinon auf (100) von NaCl. Anthracen vermag trotz enger zweidimensionaler Gitteranalogie mit NaCl auf diesem Salz nicht orientiert aufzuwachsen.

Wie bereits früher mitgeteilt wurde, wächst aber das unsubstituierte Anthrachinon auf Alkalihalogeniden orientiert auf[1]). Das gleiche gilt, wie neuerdings noch festgestellt wurde, für Anthron und Benzanthron. Es genügt also die Anwesenheit einer Carbonylgruppe im Gastmolekül dieser Verbindungsklasse für die Verknüpfung mit dem Alkalihalogenidgitter entsprechend dem Molekülverbindungstyd Keton bzw. Chinon-Metallhalogenid[2]);

Hierhin gehört auch die orientierte Aufwachsung von 3, 5, 3′, 5′-Tetrachlordiphenochinon auf Alkalihalogeniden, z. B. auf (100) von NaCl.

5. Anthracen auf der Spaltfläche (100) von p-Aminophenol entsprechend dem Molekülverbindungstyp aromat. Kohlenwasserstoff-p-Aminophenol[3]).

Als Lösungsmittel für die organischen Verbindungen fanden Amyläther, Benzol oder Ligroin Verwendung.

Für die Chemie des Verwachsungsvorgangs sind die Verwachsungen p-Nitrophenol-Harnstoff und Anthracen-p-Aminophenol von besonderem Interesse, da zwischen deren Partnern Molekülverbindungen nachgewiesen sind[2, 3]).

Während bei Beginn der vorliegenden Untersuchungsreihe über die Chemie der orientierten Aufwachsung organischer Verbindungen nur einige wenige Beispiele dieser Art bekannt waren, dürften mit den oben berichteten Fällen die Zahl der ermittelten Verwachsungen dieser Art nicht mehr weit hinter derjenigen der experimentell gefundenen Verwachsungen anorganischer Stoffe zurückstehen. Dabei ist es auf Grund einer von bekannten Typen organischer Molekülverbindungen ausgehenden systematischen Auswahl der Verwachsungspartner erwartungsgemäß gelungen, auch für die Klassen organischer Verbindungen Beispiele von orientierten Verwachsungen beizubringen, deren Vertreter bisher nicht zu einer derartigen Verwachsung zu bringen

waren. Schließlich wurde auch erstmalig (1941)[1]) die in der Chemie der organischen Molekülverbindungen gebräuchliche Variationsmethode zur Feststellung der konstitutionellen Voraussetzungen für die Entstehung organischer Molekülverbindungen systematisch auf das vorliegende Problem angewandt. Es ließ sich zeigen, daß es durch geeignete Variation der Verwachsungspartner gelingt, die Verknüpfungsstellen innerhalb der Moleküle von Gast- und Wirtsgitter in der Verwachsungsebene zu lokalisieren, auf diese Weise über die Natur der Verwachsungskräfte näheren Aufschluß zu erhalten und nicht zuletzt das Ausbleiben der Orientierung bei gewissen Verbindungen trotz des Vorliegens der kristallstrukturellen Voraussetzungen auf Grund der Ergebnisse der Chemie der organischen Molekülverbindungen zu erklären.

Eine ausführliche Mitteilung wird an anderer Stelle erfolgen.

Krefeld, den 15. April 1943. J. Willems.

[1]) J. Willems, Naturwiss. **29**, 219 (1941) — Z. Kristallogr. (A) **105**, 53—68 (1943) — Naturwiss. **31**, 146 (1943). — Z. Kristallogr. (A) **105**, H. 2 (1943). Nach Diskussionsbemerkungen zu einem Vortrag von A. Neuhaus über „Anomale Mischkristalle und orientierte Abscheidung" am 17. VI. 1942 im Institut für Physikalische Chemie in Halle (im Druck). — Naturwiss. **31**, 208 u. 232 (1943).

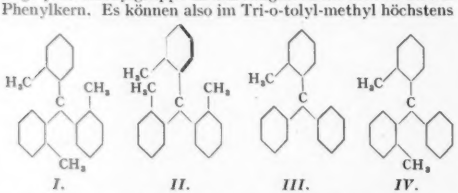
[2]) P. Pfeiffer, Organische Molekülverbindungen, 2. Aufl. Stuttgart 1927.

[3]) A. L. Bernoulli u. D. Lotter, Helvet. chim. Acta **16**, 246 (1933).

Zur Theorie der Stabilität von Kohlenstoffradikalen.

E. Hückel[1]) hat auf Grund quantenmechanischer Berechnungen die Stabilität des *Triphenylmethyls* darauf zurückgeführt, daß im Gegensatz zum Hexaphenyläthan die 3 Phenylkerne im Triphenylmethyl in einer Ebene liegen. In dieser ebenen Anordnung tritt das freie Elektron des Radikals in Resonanz mit den p-Elektronen der Phenylreste, durch das Auftreten einer derartigen Mesomerie findet energetisch eine gewisse Stabilisierung statt, die Trennungsenergie der C—C-Bindung (72 Cal.) wird um die Resonanzenergie vermindert, die im vorliegenden Falle über 60 Cal. pro Mol beträgt.

Diese Theorie läßt sich nun in einfacher Weise prüfen, wenn man ein Triarylmethyl wählt, dessen Phenylkerne aus räumlichen Gründen nicht mehr in einer Ebene liegen können. Dies ist beim *Tri-o-tolyl-methyl* (I) der Fall. Da die Valenzen am zentralen Kohlenstoffatom in der ebenen Lage einen Winkel von 120° einschließen, kommt in der ebenen Lage jede Methylgruppe in Bindungsabstand zum nächsten Phenylkern. Es können also im Tri-o-tolyl-methyl höchstens



I. *II.* *III.* *IV.*

2 Phenylkerne gleichzeitig in einer Ebene liegen, wenn der 3. Phenylkern senkrecht dazu steht (Anordnung II), und auch in dieser Anordnung wird durch die beiden den senkrecht stehenden Phenylkern flankierenden CH_3-Gruppen noch eine erhebliche sterische Behinderung auftreten. Der Gewinn an Resonanzenergie müßte in diesem Falle demnach weit kleiner sein, und es wäre zu erwarten, daß das Hexa-o-tolyläthan in wesentlich geringerem Umfange in Radikale dissoziiert.

Da von A. C. Faber und W. Th. Nauta[2]) kürzlich die Vorstufen zu dem Tri-o-tolyl-methyl dargestellt wurden, sei über unsere Versuche hier kurz berichtet. Das *Tri-o-tolyl-carbinol* läßt sich, wie auch die Versuche von Faber und Nauta bestätigen, nur aus dem Di-o-tolyl-keton mit Hilfe von Lithium-o-tolyl darstellen, die Einwirkung von o-Tolylmagnesiumbromid auf o-Toluylsäureester[3]) oder Di-o-tolyl-keton, wie auch die Umsetzung von o-Toluylsäureester mit Lithium-o-tolyl führt nicht zum gewünschten Erfolg. Das Carbinol ist dimorph und bildet labile farblose Nadeln vom Schmelzp. 105° und stabile glasklare Prismen vom Schmelzp. 112° (F. u. N. Schmelzp. 110°). Mit Chlorwasserstoff in Benzollösung unter Zusatz von Calciumchlorid läßt sich daraus das *Tri-o-tolyl-chlormethan* in Form von farblosen Kristallen vom Schmelzp. 107° (F. u. N. Schmelzp. 99—104°) erhalten. Durch Schütteln einer 3proz. Benzollösung dieses Chlormethans unter Stickstoff mit Quecksilber entsteht eine orange gefärbte, aus einer 6proz. Benzollösung eine tief orangerot gefärbte Lösung (Schichtdicke 2—3 cm). Die tiefe Farbe dieser Lösungen, wie auch die Tatsache, daß sich der Schmidlinsche Versuch mit diesen Lösungen nur einmal durchführen läßt, deutet darauf hin, daß das Hexa-o-tolyläthan sehr viel stärker dissoziiert ist als das Hexaphenyläthan. Dieses Ergebnis ist in Übereinstimmung mit Messungen an anderen Hexaaryläthanen[4]), nach denen die Dissoziationsgrade von Hexaphenyl-, Di-o-tolyl-tetraphenyl- und Tetra-o-tolyl-diphenyl-äthan in 0,03 molarer Lösung in Toluol bei 20° 2,8, 25,2 bzw. 90,8 sind. In den beiden letzteren Fällen sind die ebenen Formen der Triarylmethyle (III bzw. IV) ebenfalls schon räumlich behindert, die Dissoziationsgrade werden aber mit steigender räumlicher Behinderung nicht kleiner, sondern größer.

Daraus ergibt sich, daß die oben angeführte *Deutung der Stabilität des Triphenylmethyls durch einen Resonanz- bzw. Mesomerieeffekt nicht richtig* sein kann.

Tübingen, Chemisches Institut der Universität, den 19. Mai 1943. W. Theilacker. M.-L. Ewald.

[1]) Z. Elektrochem. **43**, 827 (1937).

[2]) Rec. Trav. chim. Pays-Bas et Belg. (Amsterd.) **61**, 469 (1942).

[3]) Auch C. S. Marvel, M. B. Mueller, Ch. M. Himel und J. F. Kaplan [J. Amer. chem. Soc. **61**, 2772 (1939)] geben an, daß es ihnen nicht möglich war, Tri-o-tolyl-carbinol auf diesem Wege darzustellen.

[4]) R. Preckel u. P. W. Selwood, J. Amer. chem. Soc. **63**, 3397 (1941), s. a. C. S. Marvel, J. F. Kaplan u. Ch. M. Himel, J. Amer. chem. Soc. **63**, 1892 (1941), S. T. Bowden u. D. L. Clarke, J. chem. Soc. Lond. **1940**, 883, S. T. Bowden u. T. L. Thomas, J. chem. Soc. Lond. **1940**, 1242.

Gibt es Dichtemaxima der freien Elektronen im Metallgitter?

Den Anstoß zu den im folgenden mitgeteilten Überlegungen gaben die interessanten Untersuchungen von Brill, Grimm, Hermann und Peters[1]) über die Bestimmung der Elektronendichte im Gitter des metallischen Magnesiums mit Hilfe der röntgenographischen Fouriersynthese. Die experimentellen Befunde der Verfasser lassen ein Maximum der Elektronendichte in einem bestimmten hochsymmetrischen, von ihnen mit *F* bezeichneten Punkt zwischen den Magnesiumionen erkennen, über dessen Realität sie allerdings noch keine sichere Aussagen machen konnten.

Nun läßt sich aber leicht zeigen, daß ein solcher Dichteverlauf mit elementaren Gesetzen der Elektrostatik und Statistik im Widerspruch steht. Denn da erstens die Elektronen wegen ihrer negativen Ladung nach Gebieten höheren elektrostatischen Potentials hinstreben und da somit die Elektronendichte nach der klassischen wie nach der Quantenstatistik monoton mit dem Potential anwächst, kann man von einem Maximum der Elektronendichte eindeutig auf ein Maximum des Potentials schließen. Zweitens weisen nach der Elektrostatistik die Feldvektoren in der unmittelbaren Umgebung eines Potentialmaximums stets von diesem fort, so daß nach dem Kraftflußsatz an dieser Stelle eine positive Raumladung sitzen muß; entsprechend ist mit einem Potentialminimum eine negative Raumladung gekoppelt.

Also muß sich an einem Ort maximaler Elektronendichte und daher maximalen Potentials stets eine positive Raumladung befinden, wie es z. B. im Gitter an den Orten der Atomkerne der Fall ist. Andererseits kann im Gebiet zwischen den Ionen, wo die Raumladung sicherlich negativ ist, das Potential und damit die Elektronendichte nie ein Maximum, sondern nur Minima besitzen.

Wie sind dann aber die scheinbaren Maxima im Magnesiumgitter zu deuten? Man könnte hier an die sonst mehr oder minder große Willkür bei der Phasenbestimmung der einzelnen Fourierkoeffizienten denken. Doch konnten im vorliegenden Fall die Oppauer Forscher nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn BRILL die Phasen durch Vergleich mit dem bekannten Strukturfaktor des Magnesiumsgitters eindeutig festlegen. Jedoch besteht nach Herrn BRILL die Möglichkeit, daß sich die bei den diffizilen Versuchen unvermeidlichen Meßfehler in einem so hochsymmetrischen Punkt wie dem *F*-Punkt im Magnesiumgitter nicht wie sonst im Mittel wegheben, sondern verstärken und so ein Dichtemaximum vortäuschen.

München, Institut für theoretische Physik der Technischen Hochschule, den 25. April 1943. FRITZ SAUTER.

[1]) R. BRILL, G. H. GRIMM, C. HERMANN u. CL. PETERS. Naturwiss. **26**, 479 (1938) — Ann. Physik (5) **41**, 37 (1942), — Vgl. auch A. SOMMERFELD, Naturwiss. **28**, 769 (1940).

Besprechungen.

LENARD, PHILIPP, **Wissenschaftliche Abhandlungen aus den Jahren 1886—1932.** Hrsg. von LUDWIG WESCH. Bd. 2: **Phosphoreszenz.** Leipzig: S. Hirzel 1943. XII, 609 S. 26 Abbild. i. Text. Preis brosch. RM 15.—, geb. RM. 17.50.

Jeder ernsthaft an den Naturwissenschaften Interessierte empfindet besondere Befriedigung, wenn er Gelegenheit hat, beim Studium seines Gebietes aus Originalquellen schöpfen zu können. Kritische zusammenfassende Darstellungen in Lehrbüchern und Nachschlagewerken müssen meist unpersönlich bleiben. Demgegenüber soll das vorliegende Buch gerade den persönlichen Anteil LENARDS an der Entwicklung der Physik vor Augen führen. In der heutigen Zeit, wo eine Flut äußerer, ablenkender Eindrücke es uns manchmal schwer macht, das konzentrierte Interesse und die Begeisterung für die Forschung voll aufrechtzuerhalten, haben derartige, persönlich-geschichtliche Darstellungen und Zusammenstellungen einen besonderen erzieherischen Wert, und zwar sowohl für den Nachwuchs als auch für den reiferen Forscher. Das Bild, das uns die „heroische" Zeit der Physik um die Jahrhundertwende darbietet, wirkt beispielgebend und gibt uns neue Kraft für unsere Arbeit. Wir müssen daher den Neudruck der LENARDschen Arbeiten in einem geschlossenen Buche dankbar begrüßen.

In dem Band „Phosphoreszenz" finden sich LENARDS Originalarbeiten über chemisches Reaktionsleuchten, über die grundlegende Entdeckung des Einflusses kleinster Zusätze auf die Phosphoreszenzfähigkeit von Erdalkalisulfiden (mit VIRGIL KLATT), über die Druckzerstörung, über Präparation und Eigenschaften der Erdalkaliphosphore, lichtelektrische und aktinodielektrische Wirkung (mit SEM SAELAND), das Verhalten der Phosphore bei tiefen Temperaturen (mit H. KAMERLINGH-ONNES und W. E. PAULI), die klassischen Versuche betr. Lichtsummenspeicherung (mit W. HAUSSER), sowie die Ergebnisse über Ausleuchtung und Tilgung. Ferner enthält der Band je eine Arbeit über Emission und Erregung von Zinksulfid, das Funkenphosphoroskop und die Schwärzung von Zinksulfid durch Licht.

In dem Buche finden sich auch noch zahlreiche nachträgliche Bemerkungen aus LENARDS Feder, die den Charakter von erläuternden Randbemerkungen haben. Da man bei einem solchen zusammenhängenden Neudruck älterer wissenschaftlicher Abhandlungen hauptsächlich die historische Bedeutung im Auge haben muß, so scheinen dem Ref. gerade diese kurzen Randbemerkungen besonderen Reiz zu haben. Sie geben dem Buch die persönliche Note, die man bei allen sich auf die Geschichte der Physik beziehenden Büchern nicht missen möchte. — Das Buch wird von einem Vorwort LENARDS eingeleitet, in dem er kurz auf die Geschichte seiner wissenschaftlichen Entwicklung und seiner geistigen Kämpfe eingeht. Eine Beobachtung, die er noch als Volksschüler an phosphoreszenzfähigem Flußspat gemacht hat, spiegelt seine Vorliebe für dieses Gebiet wieder. Er schreibt hierzu: „Die Beobachtung schwacher Lichterscheinungen im Dunkeln hatte für mich von frühester Zeit an etwas geheimnisvoll Anziehendes."

Das Erscheinen von LENARDS gesammelten wissenschaftlichen Veröffentlichungen, das mit seinem achtzigsten Geburtstag zusammenfällt, ist eine würdige Ehrung des großen Forschers. N. RIEHL.

HEYROVSKÝ, J., **Polarographie.** Theoretische Grundlagen, praktische Ausführung und Anwendungen der Elektrolyse mit der tropfenden Quecksilberelektrode. Wien: Springer 1941. VII, 514 Seiten. 252 Textabbild. Preis brosch. RM. 36.—, geb. RM. 37.80.

In diesem Buche sind überaus reichhaltige Erfahrungen niedergelegt, die weit über das im Titel angegebene engere Gebiet hinausgreifen. Nicht nur hat der Verf. als einer der (ja man darf wohl sagen, als der eigentliche) Begründer der Polarographie mit seinen zahlreichen Mitarbeitern, unter denen besonders R. BRDIČKA zu nennen ist, einen hervorragenden Anteil an der Ausarbeitung der Grundlagen. Es darf sogar ohne Übertreibung gesagt werden, daß der Verf. das gesamte umfangreiche Schrifttum über dieses wichtige Gebiet, das in einem Zeitraum von 2 Dezennien einen nicht leicht übersehbaren Umfang angenommen hat, wohl besser als irgendein anderer Berufskamerad beherrscht. — Man findet daher in diesem Buche eine sorgfältige Darstellung des Verhaltens der verschiedenen Ionen und nichtdissoziierter Moleküle bei der Elektrolyse an der tropfenden Hg-Elektrode, wie es sich im Verlaufe der Strom-Spannungs-Kurve ausprägt, und lernt damit das Mittel kennen, durch das bei der Elektrolyse von Lösungen unbekannter Zusammensetzung über die Art und Menge der vorhandenen Ionen und Stoffe, die mit Wasserstoff bzw. Sauerstoff reagieren, Aufschluß gewonnen werden kann. Es werden für die wichtigsten Ionen (bzw. Moleküle) genaue Arbeitsvorschriften mitgeteilt und in jedem Falle erörtert, wie störende Umstände auszuschalten oder zu berücksichtigen sind. — Die kleinere Hälfte des Inhalts (210 S.) ist der theoretischen Seite, 216 S. dem praktischen Teil gewidmet; 45 S. umfaßt die chronologisch geordnete Zusammenstellung des Schrifttums mit 632 Einzelabhandlungen.

Im theoretischen Teil werden die folgenden Kapitel behandelt: Das Prinzip der Elektrolyse mit der tropfenden Hg-Elektrode, Mathematische Analyse der Stromspannungskurve, Hauptvorgänge an der tropfenden Hg-Elektrode, Wasserstoffüberspannung und katalysierte Vorgänge, Maxima an der Stromspannungskurve, Untersuchungen mit nichtwässerigen Lösungen, Anwendung auf rein wissenschaftliche Probleme, Tabellen der Depolarisationspotentiale.

Im praktischen Teil sind neben den meisten anorganischen Kationen und Anionen viele Beispiele aus

der Analyse organischer Stoffe berücksichtigt. Ein besonders wichtiges Kapitel bildet das über die physiologische und medizinische Eiweißuntersuchung. — Das Buch hat nicht nur für den Analytiker Interesse, sondern es ist auch von Wichtigkeit für die Aufklärung der Vorgänge, die sich an der Grenzfläche zwischen Quecksilber und Lösung in einem elektrischen Felde abspielen. Es ist nach Ansicht des Ref. zu erwarten, daß durch die polarographischen Erscheinungen wichtige Aufschlüsse über den Mechanismus der Adsorption gewonnen werden können, die über die unmittelbar in Erscheinung tretenden Wirkungen hinausgehen. Darin liegt der besondere Wert dieses Buches, der ihm den Charakter eines Standardwerkes verleiht.

Gegenüber der bisweilen vernehmbaren Auffassung, daß durch die Automatisierung der Durchführung einer polarographischen Analyse einer Lösung eine Mechanisierung des Analysierens erreicht worden sei, mit dem Erfolge, daß auch mit weniger chemisch geschulten Kräften ganz sichere Resultate erzielt werden könnten, wäre zu bemerken, daß die Ausschaltung von Zufälligkeiten personeller Art gewiß als ein *sehr beachtenswerter* Fortschritt zu werten ist. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß — von einfachen Fällen abgesehen — wirklich zuverlässige Ergebnisse nur von denen erzielt werden, die mit den theoretischen Grundlagen der Erscheinungen wirklich gut vertraut sind.

W. Böttger, Hannover.

RAETHJEN, P., **Einführung in die Physik der Atmosphäre.** Bd. I: **Statik und Thermodynamik.** (Hamb. Mathem. Einzelschr. H. 31.) XII, 126 S. 25 Abbild. i. Text. Preis geb. RM 8.—. Bd. II: **Meteorologische Aerodynamik.** (Hamb. Mathem. Einzelschr. H. 33.) Leipzig u. Berlin: B. G. Teubner 1942. VIII, 257 S. 57 Abbild. i. Text. Preis geb. RM 10.—.

Der Verf., der als langjähriger „Wetterflieger" die Probleme der Physik der freien Atmosphäre aus eigenster Anschauung kennengelernt hat, gibt in den beiden Bänden, denen noch weitere folgen sollen, einen wohlgelungenen Versuch, die Summe seiner Kenntnisse und Erfahrungen der Kriegsgeneration der Meteorologen weiterzugeben.

Es ist überflüssig, zu betonen, daß der Umfang der zu vermittelnden Kenntnisse so groß ist, daß die Auswahl des Wegzulassenden ein Problem für sich war. Die Erfahrung des Verf. zeigt sich vor allem in der didaktischen Darbietung des Stoffes. Er ist hier mit besonderer Sorgfalt vorgegangen und hält sich mit Erfolg stets an die Reihenfolge: Experiment — Theorie — Übungsaufgabe. Hier zeigt sich deutlich eine besondere Schwierigkeit des Stoffes in der Meteorologie: da sie so arm an Laboratoriumsexperimenten ist, muß der Verf. an dessen Stelle häufig das Gedankenexperiment setzen.

Charakteristisch für die Darbietung und Auswahl des Stoffes im ersten Band ist das Bestreben, den jungen Studierenden zunächst mit allen jenen Größen bekannt zu machen, die er in der späteren Praxis des Wetterdienstes, vor allem in Synopsis und Aerologie als unmittelbar notwendiges Handwerkszeug kennen muß. Millibar und geodynamisches Meter, virtuelle Temperatur, Auswertung von Höhenaufstiegen, Entropiebegriff, Potentielle und Innere Energie, Adiabatengleichungen, potentielle Temperatur, spezifische Feuchte und Mischungsverhältnis, potentielle Äquivalenttemperatur, Luftmasseneinteilungen, Theorie der Kondensationskerne, Dunstadiabaten, Kreisprozesse u. v. a. m. sind die Begriffe, mit denen der junge Studierende in herausgehobenen Lehrsätzen, unterstützt durch gut gewählte Übungsaufgaben, bekannt gemacht wird. Stets ist der Verf. bemüht, den einzelnen Begriff so klar und anschaulich wie möglich vor das geistige Auge des Lernenden hinzustellen und ihn gegen verwandte oder benachbarte Begriffe abzugrenzen. Nie fehlt die exakte Angabe der Dimension der zu erläuternden Größe.

Im zweiten Band wird unter eingehender Behandlung der Begriffe der Beschleunigung und des Druckes die Herleitung der Bewegungsgleichungen und der Kontinuitätsgleichung zunächst so weit durchgeführt (nämlich unter Weglassung der Coriolisbeschleunigung), daß kleinräumige Bewegungen, Aufwinde und anschließend die Erscheinungen des vertikalen Austausches und der Turbulenz diskutiert werden können.

Als großräumige Aerodynamik grenzt der Verf. alle jene Bewegungen ab, bei denen der Einfluß der Erdrotation merkbar wird.

Nach breiter Behandlung von Rotationsmoment und Trägheitskreis wird nunmehr die Coriolisbeschleunigung in die Bewegungsgleichungen eingeführt und anschließend geostrophischer Wind und Gradientwind ausführlich abgehandelt. Endlich werden die Bewegungsgleichungen durch Einführung von Reibung (Ekman-Spirale) und Vertikalaustausch vervollständigt. Mit den erlangten Kenntnissen ist der Studierende jetzt in der Lage, das Strömungsgleichgewicht in der freien Atmosphäre zu beurteilen und die Rolle der Grenzflächen für den Witterungsablauf aus den Gleichgewichtsbedingungen heraus zu verstehen. Damit sind die Grundlagen für Stabilität und Labilität des geostrophischen Windfeldes gegeben. Den Abschluß des Buches bilden endlich die Abweichungen vom geostrophischen Windfeld, die im Begriff der Zirkulationsbeschleunigung zusammengefaßt sind. Etwa 40 Übungsaufgaben und eine für den Studierenden recht wertvolle Sammlung von lateinischen und griechischen Bezeichnungen in Formeln und Vektoren, nebst Sachregister, beschließen das Buch.

Der Inhalt des zweiten Bandes bestätigt von neuem den Eindruck des ersten, daß in erster Linie Wert darauf gelegt ist, dem Studierenden den Anschluß an die für das Verständnis moderner Auffassungen in der Meteorologie notwendigen Begriffe zu vermitteln. Die Einführung zu diesen Begriffen ist notwendig physikal-mathematisch, d. h. sie endet mit der Erfassung der betrachteten Größen in Gleichungen bzw. Zahlen. Das Buch entspricht damit durchaus der Tendenz der modernen Meteorologie zum Quantitativen. Der Weg dazu ist nicht immer leicht und erfordert trotz aller didaktischen Geschicklichkeit des Verf. eine eingehende Mitarbeit des Lernenden, der an zahlreichen Stellen durch kleingedruckte Ergänzungen zur Verbreiterung der gewonnenen Kenntnisse aufgefordert wird.

Der allgemein gebildete Leser, der sich an dem Buch über den Stand der physikalischen Anschauungen bezüglich der Atmosphäre orientieren will, findet an dem Verf. einen Führer, der in durchaus selbständiger Art die Fülle der Probleme anpackt, nebeneinander stellt und in stetigem Fortschreiten zu einem Ganzen verschmilzt. Wir dürfen die noch folgenden Teile mit berechtigter Spannung erwarten.

L. Egersdörfer, Berlin.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Springer-Verlag in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.